



Customer No. 22,852
Attorney Docket No.: 07043.0020
Application No.: 10/085,092

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Masahiro SHIMIZU et al.)
Serial No.: 10/085,092) Group Art Unit: 1725
Filed: March 1, 2002) Examiner: Not Yet Assigned
For: **HEAT TREATMENT APPARATUS**)
USING A LAMP FOR RAPIDLY AND)
UNIFORMLY HEATING A WAFER)

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

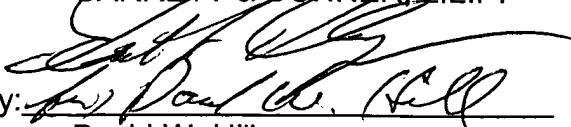
CLAIM FOR PRIORITY

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Patent Application Nos. 2001-058266, filed March 2, 2001, 2001-059296, filed March 2, 2001, 2001-072317, filed March 14, and 2001-071548, filed March 14, 2001, respectively, for the above-identified U.S. patent application.

In support of this claim for priority, enclosed is one certified copy of the priority applications.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

By: 
David W. Hill
Reg. No. 28,220

Dated: May 28, 2002

DWH/FPD/sci
Enclosures

ERNEST F. CHAPMAN
Reg. No. 25,961

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 3月 2日

出願番号

Application Number:

特願2001-058266

[ST.10/C]:

[JP2001-058266]

出願人

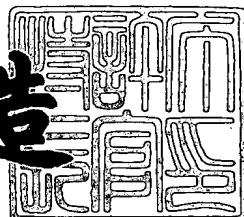
Applicant(s):

東京エレクトロン株式会社

2002年 3月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3011880

【書類名】 特許願
【整理番号】 JPP000219
【提出日】 平成13年 3月 2日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/31
【発明者】
【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター
東京エレクトロン株式会社内
【氏名】 清水 正裕
【特許出願人】
【識別番号】 000219967
【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社
【代理人】
【識別番号】 100110412
【弁理士】
【氏名又は名称】 藤元 亮輔
【電話番号】 03-3523-1227
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 062488
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9901889
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ランプ、ランプを用いた熱処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被処理体に所定の熱処理を施すために発光する発光部と、前記発光部から射出される光を前記被処理体に反射するリフレクタとを有するランプであって、

前記発光部及び前記リフレクタは前記ランプを支持及び冷却するランプ保持部に着脱可能に取り付けられるランプ。

【請求項2】 前記リフレクタは前記発光部から分離可能に前記ランプ保持部に設けられる請求項1記載のランプ。

【請求項3】 前記リフレクタは半球、半楕円球、又は円錐形状を有する請求項1記載のランプ。

【請求項4】 前記リフレクタはアルミニウムより形成され、前記発光部を覆う面にニッケル、金、又は、ニッケル、金、ロジウム、金の順に塗布された前記熱放射光を反射する膜を有する請求項1記載のランプ。

【請求項5】 前記リフレクタは赤外線及び可視光を反射する請求項1記載のランプ。

【請求項6】 被処理体に所定の熱処理を行う熱処理装置であって、前記被処理体に所定の熱処理を施すために発光する発光部と、前記発光部から射出された光を前記被処理体に反射するリフレクタと、前記発光部及び前記リフレクタを着脱可能に支持及び冷却するランプ保持部とを有する熱処理装置。

【請求項7】 前記リフレクタは前記発光部から分離可能に前記ランプ保持部に設けられる請求項6記載の熱処理装置。

【請求項8】 前記リフレクタは半球、半楕円球、又は円錐形状を有する請求項6記載の熱処理装置。

【請求項9】 前記発光部は当該発光部と接続し外部より電力を供給される電極部を有し、

前記ランプ保持部は、前記リフレクタ及び前記発光部を冷却する第1の冷却部

と、

前記電極部を冷却する第2の冷却部とを有する請求項6記載の熱処理装置。

【請求項10】 前記発光部は当該発光部と接続し外部より電力を供給される電極部を有し、

前記電極部は前記発光部の前記被処理体に対応する場所によって供給される前記電力が異なる請求項6記載の熱処理装置。

【請求項11】 前記発光部は前記光を前記被処理体に向けて反射する反射手段を有する請求項6記載の熱処理装置。

【請求項12】 前記リフレクタ及び前記反射手段は当該リフレクタと当該反射手段が協働し半球、半楕円球、又は円錐を形成する請求項6記載の熱処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【0002】

【発明の属する技術分野】

本発明は、単結晶基板、ガラス基板などの被処理体を加熱処理する加熱装置及び熱処理装置に関する。本発明は、例えば、メモリやICなどの半導体装置の製造に適した急速熱処理(RTP: Rapid Thermal Processing)装置に好適である。ここで、 RTPは、急速熱アニーリング(RTA)、急速クリーニング(RTC)、急速熱化学気相成長(RTCVD)、急速熱酸化(RTO)、及び急速熱窒化(RTN)などを含む技術である。

【0003】

【従来の技術】

一般に、半導体集積回路を製造するためには、半導体ウェハ等のシリコン基板に対して成膜処理、アニール処理、酸化拡散処理、スパッタ処理、エッチング処理、窒化処理等の各種の熱処理が複数回に亘って繰り返される。

【0004】

半導体製造処理の歩留まりと品質を向上させるため等の目的から急速に被処理体の温度を上昇及び下降させるRTP技術が注目されている。従来の RTP装置

は、典型的に、被処理体（例えば、半導体ウェハ、フォトマスク用ガラス基板、液晶表示用ガラス基板、光ディスク用基板）を収納する枚葉式チャンバ（処理室）と、処理室に配置された石英ウインドウと、石英ウインドウの外部上部又は上下部に配置された加熱用リフレクタ付きランプ（例えば、ハロゲンランプ）とを有している。

【0005】

石英ウインドウは、板状に構成されたり、被処理体を内部に収納可能な管状に構成されたりする。処理室が真空ポンプにより排気されて内部が減圧環境に維持される場合には、石英ウインドウは数10mm（例えば、30乃至40mm）の肉厚を有して減圧と大気との差圧を維持する。石英ウインドウは、温度が上昇すると熱応力により処理空間に向かって湾曲する傾向があるので予め処理空間から離れるように湾曲状に加工される場合もある。

【0006】

ハロゲンランプは、被処理体を均一に加熱するために複数個配列され、リフレクタによって、ハロゲンランプからの赤外線を一樣に被処理体に向かって放射する。処理室は、典型的に、その側壁において被処理体を導出入するゲートバルブに接続され、また、その側壁又はその石英管において熱処理に使用される処理ガスを導入するガス供給ノズルと接続される。

【0007】

被処理体の温度は処理の品質（例えば、成膜処理における膜厚など）に影響を与えるために正確に把握される必要があり、高速昇温及び高速冷却を達成するために被処理体の温度を測定する温度測定装置が処理室に設けられる。温度測定装置は熱電対によって構成されてもよいが、被処理体と接触させねばならないことから被処理体が熱電対を構成する金属によって汚染されるおそれがある。そこで、被処理体の裏面から放射される赤外線強度を検出し、その放射強度を以下の式1に示す式に則って被処理体の放射率 ϵ を求めて温度換算することによって被処理体の温度を算出するパイロメータが温度測定装置として従来から提案されている。

【0008】

【数1】

$$E_m(T) = \varepsilon E_{BB}(T)$$

ここで、 $E_{BB}(T)$ は温度 T の黒体からの放射強度、 $E_m(T)$ は温度 T の被処理体から測定された放射強度、 ε は被処理体の放射率である。

【0009】

動作においては、被処理体はゲートバルブから処理室に導入されて、ホルダーにその周辺が支持される。熱処理時には、ガス供給ノズルより、窒素ガスや酸素ガス等の処理ガスが導入される。一方、ハロゲンランプから照射される赤外線は被処理体に吸収されて被処理体の温度は上昇する。ハロゲンランプの出力は温度測定装置の測定結果に基づいてフィードバック制御される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

近年の RTP は被処理体の高品質処理とスループットの向上から急速昇温の要請がますます高まっている。例えば、温度上昇を現在の 90°C/sec から 250°C/sec にするなどである。しかし、被処理体（例えば、シリコン基板）が載置されるサポートリングは、通常、耐熱性に優れたセラミックス（例えば、SiC）から構成されるが、両者の間には熱容量の相違から温度上昇が異なる。このため、被処理体は中心温度よりもサポートリングに接触する周辺温度の温度上昇が低く、被処理体全面に亘る一様な急速昇温が困難であるという問題があった。これを解決する手段として、本発明者は、被処理体の中心よりも被処理体の周辺部分を大きなパワーで加熱することを検討した。しかし、高出力ランプは低出力ランプよりも短命になる。また、同様に、ランプに設けられたリフレクタも大きなパワーで加熱することにより劣化する。よって、高出力ランプ用リフレクタは低出力ランプ用リフレクタよりも短命になる。この結果、寿命切れとなったランプハウス周辺のランプを交換するために、未だ使用可能なランプハウス中央のランプ（及びリフレクタ）をも含めたランプハウスを一体的に交換しなければならなくなり、不経済である。

【0011】

そこで、このような課題を解決する新規かつ有用なランプ、ランプを用いた熱処理装置を提供することを本発明の概括的目的とする。

【0012】

より特定的には、被処理体の急速昇温を可能にすると共に経済性に優れたランプ、ランプを用いた熱処理装置を提供することを本発明の例示的目的一とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題に鑑み、本発明の一側面としてのランプは、被処理体に所定の熱処理を施すために発光する発光部と、前記発光部から射出される光を前記被処理体に反射するリフレクタとを有するランプであって、前記発光部及び前記リフレクタは前記ランプを支持及び冷却するランプ保持部に着脱可能に取り付けられる。かかるランプは一の発光部及びリフレクタに関しランプ保持部からの着脱が可能である。従って、例えば、劣化した発光部及びリフレクタだけを容易に交換することが可能である。発光部及びリフレクタを交換する際に未だ使用可能な発光部及びリフレクタを含むランプ保持部全体を交換する必要がなく経済的であるとともに、交換作業は発光部及びリフレクタについて独立して交換可能であるために煩雑ではない。また、前記リフレクタは前記発光部から分離可能に前記保持部に設けられてもよい。即ち、かかるランプは、リフレクタ及び発光部はランプ保持部に対して单一又は組み合わせにおいて交換されてもよい。なお、リフレクタは半球、半楕円球、又は円錐形状を有してよい。かかるリフレクタはリフレクタにおける光の反射回数を抑えることができ、被処理体に到達するまでのエネルギーの損失が少ない。また、かかるリフレクタは赤外線及び可視光を反射可能であって、被処理体に可視及び赤外光を反射する。例えば、リフレクタがアルミニウムより構成されるなら、かかるリフレクタの反射面にニッケル、金、又は、ニッケル、金、ロジウム、金の順にコーティングをするで可能となる。

【0014】

また、本発明の別の側面としての熱処理装置は、被処理体に所定の熱処理を行う熱処理装置であって、前記被処理体に所定の熱処理を施すために発光する発光

部と、前記発光部から射出された光を前記被処理体に反射するリフレクタと、前記発光部及び前記リフレクタを着脱可能に支持及び冷却するランプ保持部とを有する。かかる熱処理装置は、上述したランプを有し同様の作用を奏する。更に、当該熱処理装置は、発光部及びリフレクタを冷却する第1の冷却部と、当該は後部に接続し電力を供給される電極部を冷却する第2の冷却部を有してもよい。かかる冷却部は発光部及びリフレクタ、電極部を異なる冷却部で冷却可能である。よって、かかる第1の冷却部及び第2の冷却部は各々を最適な温度で冷却することができ、発光部及びリフレクタ又は電極部の劣化を防止しする。また、かかる熱処理装置はランプの発光部の被処理体に対応する場所によって電極部に供給される電力を変えてよい。例えば、被処理体の中心部に対応する発光部に接続する電極部に対し、被処理体の周縁部（温度が上昇し難い部分）に対応する発光部に接続する電極部に電力を多く供給することが可能である。なお、かかる構成において高出力の発光部及びリフレクタは低出力の発光部及びリフレクタより短命となるが、当該熱処理装置は発光部及びリフレクタに関しランプ保持部からの着脱が可能である。この結果、劣化した発光部及びリフレクタのみ交換可能である。

【0015】

本発明の他の目的及び更なる特徴は以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明の例示的な熱処理装置100について説明する。なお、各図において同一の参照符号は同一部材を表している。また、同一の参照番号に大文字のアルファベットを付したものはアルファベットのない参照番号の変形例であり、特に断らない限り、アルファベットのない参照番号は大文字のアルファベットを付した参照番号を総括するものとする。ここで、図1は、本発明の例示的一態様としての熱処理装置100の概略断面図である。図1に示すように、熱処理装置100は、処理室（プロセスチャンバー）110と、石英ウインドウ120と、加熱部140と、サポートリング150と、ペアリング1

60と、永久磁石170と、ガス導入部180と、排気部190と、放射温度計200と、制御部300とを有する。

【0017】

処理室110は、例えば、ステンレススチールやアルミニウム等により成形され、ウインドウ120と接続している。処理室110は、その円筒形の側壁112とウインドウ120とにより被処理体Wに熱処理を施すための処理空間を画定している。処理空間には、半導体ウェハなどの被処理体Wを載置するサポートリング150と、サポートリング150に接続された支持部152が配置されている。これらの部材は被処理体Wの回転機構において説明する。また、側壁112には、ガス導入部180及び排気部190が接続されている。処理空間は排気部190によって所定の減圧環境に維持される。被処理体Wを導入及び導出するためのゲートバルブは図1においては省略されている。

【0018】

処理室110の底部114は冷却管116a及び116b（以下、単に「116」という。）に接続されており冷却プレートとして機能する。必要があれば、冷却プレート114は温度制御機能を有してもよい。温度制御機構は、例えば、制御部300と、温度センサと、ヒータとを有し、水道などの水源から冷却水を供給される。冷却水の代わりに他の種類の冷媒（アルコール、ガルデン、フロン等）を使用してもよい。温度センサは、PTCサーミスタ、赤外線センサ、熱電対など周知のセンサを使用することができる。ヒータは、例えば、冷却管116の周りに巻かれたヒータ線などとしてから構成される。ヒータ線に流れる電流の大きさを制御することによって冷却管116を流れる水温を調節することができる。

【0019】

ウインドウ120は処理室110に気密的に取り付けられるとともに、後述するランプ130と被処理体Wの間に配置される。ウインドウ120はランプ130からの熱放射光を透過しかかる熱放射光を被処理体Wに照射可能にすると共に、処理室110内の減圧環境と大気との差圧を維持する。ウインドウ120は、半径約400mm、厚さ約30乃至40mmの円筒形石英プレートである。

【0020】

なお、本実施例においてウインドウ120は石英より形成されたプレートを使用するが、例示的にプレートを透光性セラミックスより形成しても良い。透光性セラミックスは最大曲げ応力が石英と比較して大きく、例えば Al_2O_3 の最大曲げ応力 σ_{MAX} は500 MPaであり石英の最大曲げ応力 σ_{MAX} の68 MPaより大きい。よって、ウインドウ120のプレートを透光性セラミックスより形成することで、ウインドウ120の薄型化を可能とする。これにより、後述するランプ130からの被処理体Wへの照射効率を従来よりも向上することができるで高速昇温を低消費電力で達成することができる。また、透光性セラミックスのかかる長所は、ウインドウ120は従来のように処理室110から離れる方向に湾曲するドーム型に形成される必要がなく、平面形状に形成することを容易に可能とする。よって、ドーム型に形成される石英ウインドウは被処理体Wをランプから離間する距離を大きくするのでランプの指向性を悪化させ好ましくなかったが、ウインドウ120を透光性セラミックスより形成することでかかる問題を解決することも可能である。

【0021】

また、ウインドウ120は、ウインドウ120の直下（図1において、処理空間を形成する面）に断面矩形のアルミニウム又はステンレススチール（SUS）製の補強材（又は柱）を有してもよい。補強材は、例えば直線的に、複数形成されている。但し、補強材が直線的に形成されている場合、ランプ130は、補強材がランプ130の熱放射光を遮蔽することを妨げる為、直線的に配列されることが好ましく、補強材はランプの真下を避けるように配置される。しかし、補強材は曲げ等の形状を有してもよく、本実施例のランプ130のように同心円状に配置されランプ130の真下を避けるように曲げ加工が施されていてもよい。かかる補強材は、内部に冷却管（水冷管）を収納する構成でもよく、ウインドウ120の強度を更に高めることができる。

【0022】

補強材は熱伝導率がよく、また、処理室と同様の材質で形成される。これにより、補強材が被処理体Wに対する汚染源にはならない。補強材によりウインドウ

120のプレートの薄型化を可能にする。また、補強材の断面形状も矩形に限定されず波形等任意の形状を有することができる。また、補強材に冷却管を収納する構成の場合、冷却管は補強材とプレートの両方を冷却する機能を有する。冷却管はプレートを冷却し、ランプ光による熱変形を防止する効果を有する。また、補強材がアルミニウム製であれば200乃至700°Cで溶けたり変形したりするので適当な温度制御が必要だからである。冷却管による温度制御は冷却管116と同様でもよいし、当業界で既知のいかなる方法をも適用することができる。

【0023】

以下、図2乃至図7を参照して、本発明の加熱部140を説明する。ここで、図2は、図1に示す加熱部140の概略底面図であり、図3は、図1に示す加熱部140の一部を示す拡大断面図である。図4は、図1に示すランプ加熱部140よりランプ130をはずしたときの図3に対応する図である。図5は、図3に示すランプ130の概略断面図である。なお、図5に示すランプ130において、リフレクタ141は取り外されており、かかるリフレクタ141が図6に示される。図6は、図3に示すリフレクタ141の概略断面図である。図7は、図6に示すリフレクタ141の概略底面図である。図3によく示されるように、加熱部140はランプ130と、ランプハウスとしてのランプ保持部145とを有し、被処理体Wを加熱する加熱装置の機能を有する。

【0024】

図2及び図3に示すように、本実施例において、加熱部140はランプ130がほぼ円形の被処理体Wに対応させてほぼ同心円状にランプ保持部145に配置され、ランプ130はランプ保持部145に対して各々着脱可能に構成される。また、ランプ130は被処理体Wの中心近傍に対応する位置に大口径のランプ130aが、サポートリング150及び被処理体Wの端部近傍に対応する位置に小口径のランプ130bが配置される。ここで、ランプ130はランプ130a及びランプ130bを総括するものとする。なお、ランプ130の配置についてはランプ保持部145において詳細に説明する為、ここでの説明は省略する。

【0025】

ランプ130は本実施例ではシングルエンド型であって、ランプ130は被処

理体Wを加熱する機能を有する。但し、被処理体Wを加熱する機能は、電熱線ヒータ等その他のエネルギー源を使用してもよい。ここで、シングルエンド型とは、図5に示すように、一の電極部132を有する種類のランプをいう。本実施例ではハロゲンランプであるが本発明のランプがこれに限定されるものではない。ランプ130の出力はランプドライバ310によって決定されるが、ランプドライバ310は後述するように制御部300により制御され、それに応じた電力をランプ130に供給する。なお、本実施例において、ランプ130bのパワー密度はランプ130aのパワー密度より大きくなるように制御部300により電力が制御される。より詳細には、ランプ130bはランプ130aの2乃至3倍のパワー密度を有する。

【0026】

典型的に、ランプ130は円筒形状を有し、ランプ130の本体である一の電極部132、中間部134、中間部134を介し電極部132に接続される発光部136、及び、発光部136を覆うリフレクタ141とを有する。本実施例において、ランプ130はランプ保持部145の後述する溝146に内接する外周部分に溝146と係合可能な係合部としてのねじ山（おねじ）131が形成される。なお、後述するように溝146にはランプ130のねじ山131と適合可能なねじ山147が形成されており、かかる構成においてランプ130はランプ保持部145より着脱可能に構成される。ねじ山131は、本実施例においては三角ねじであって、略三角形状のねじ山が形成される。なお、ねじ山131の形状はかかる形状に限定されるものではなく、四角ねじ又は台形ねじ等であってもよい。但し、ねじ山131はランプ130の例示的な形態を示したものでありランプ130の形状をこれに限定するものではない。

【0027】

電極部132は一対の電極133を有し、当該電極133はランプ保持部145を介しランプドライバ310と電気的に接続する部分であって、フィラメント137とともに電気的に接続される。電極部132へ供給される電力はランプドライバ310によって決定され、ランプドライバ310は制御部300によって制御される。

【0028】

中間部134は発光部136と一体、かつ、気密的に形成され、かかる内部にはハロゲン气体が封入される。なお、内部に封入される气体は、窒素又はアルゴン气体であっても良い。中間部134は電極部132と発光部136の間に位置し所定の長さを有する円筒であって、電極部132と発光部136の間を離間させる。中間部134は、かかる長さにおいて後述するランプ130の温度制御において好ましいという長所を有する。なお、中間部134はかかる領域に位置するフィラメント137も発光するため、当然発光部136と定義されてもよい。しかし、本明細書では電極部132と発光部136が所定距離離間しているため、かかる領域を中間部134と定義したに過ぎない事に理解されたい。本実施例において、中間部134はセラミックより形成される。なお、中間部134はセラミックの他に金属材料、例えばアルミニウムやSUS（ステンレススチール）より形成されてもよい。

【0029】

発光部136は当該ランプ130の発光部分（より強く発光する部分）であって、半球、楕円半球、円筒等の側面形状を有し、石英又はガラスによって形成される。なお、上述したように発光部136は中間部134と一体、かつ、気密的に形成され、かかる内部にハロゲン气体が封入されている。発光部136は発光部分であるフィラメント137のコイル138部分と反射手段139とを内部に有する。コイル138はシングルコイル又はダブルコイル等の任意の形式を選択することが可能であって、その形状も、例えば複数のコイルを並列に配置する等の任意の形状を有することができる。反射手段139はランプ130の長手方向であって、被処理体Wから遠ざかる方向にコイル138より射出された光を反射する機能を有し、当該コイル138を介し被処理体Wと対向する位置に設けられる。更に、反射手段139はランプ130の長手方向の軸心を頂点とするような形状を有し、例えば、円錐又は半球形状を有する。より詳細には、図5によく示されるように、反射手段139は後述するリフレクタ141の反射領域142とランプ130のかかる反射手段139が協働しドーム形状、例えば半球、半楕円球、又は円錐形状を形成する。ランプ130に反射手段139を設けることで、

ランプ130の中間部134方向へ向かう光を反射し、効率よく被処理体Wにランプ光を照射することができる。

【0030】

本実施例ではランプ保持部145の後述する溝146に適合可能なねじ山131が形成されるため、ランプ130は中間部136の強度、及び加工性を考慮して上述の部材より構成される。しかし、本発明のランプ130はかかる部材に限定されず、ランプ130の中間部134を発光部136と同様に石英又は透光性セラミックスより形成される円筒部材より構成してもよい。但し、本実施例においてかかる構成にした場合、ランプ130にカバー材を設け当該カバーにおいてランプ保持部145に対するランプ130の強度、及びねじ山を形成するための加工性を得るものとしなければならないことは言うまでもない。但し、かかるカバー材は後述するランプ130の冷却を妨げないよう、熱伝導率の高い部材より選択されることが好ましい。

【0031】

リフレクタ141a及び141bはランプ130a及び130bの発光部136a及び136bを覆い、かかるランプ130のランプ光を被処理体Wに向けて反射する。なお、リフレクタ141はリフレクタ141a及びリフレクタ141bを総括するものとする。リフレクタ141は後述する溝146と同一の円筒形状を有し、かかる溝146と内接する側面に溝146と係合可能なねじ山144(おねじ)が形成される。なお、後述するように溝146にはリフレクタ141のねじ山144と適合可能な上述したねじ山147が形成されており、ランプ130はリフレクタ141を含めランプ保持部145より着脱可能に構成される。

【0032】

リフレクタ141はランプ光を被処理体Wに向けて反射する反射領域142を含み、ランプ130の発光部136をかかる反射領域142に挿入するための開口143aとランプ光が射出される開口143bが形成されている。かかる開口143aはランプ130の発光部136と略同一形状であってランプ130の発光部136を着脱可能な形状を有し、ランプ130の発光部136とリフレクタ141を着脱可能にする。一方、開口143bは後述する反射領域142の開口

と同一な形状を有し、発光部136のコイル138より射出された光を被処理体Wに照射するための開口である。また、例示的に、開口142bであってリフレクタ141の円筒の底面に、かかるリフレクタ141の取り外しを容易とするための非貫通孔又は突起等と有しても良い。なお、本実施例ではリフレクタ141は開口143aを設け発光部136からリフレクタ141を着脱可能にランプ保持部145に設けられるが、リフレクタ141は発光部136に一体的に形成されてもよい。しかし、本実施例は、発光部136を含むランプ本体とリフレクタ141が各々独立にランプ保持部145に対して着脱可能であり、後述するようにランプ130の着脱の利便性が増す。

【0033】

反射領域142はランプ130の発光部136を覆うように、被処理体Wから遠ざかる方向に凸となるようなドーム形状を有する。なお、開口143aにより反射領域142は完全なドーム形状を形成することが不可能である。しかし、上述したようにリフレクタ141の反射領域142はランプ130の反射手段139と協働することで略完全なドーム形状を形成することが可能である。よって、かかる開口143aはランプ130の反射をロスする要因とはなり得ないことに理解されたい。なお、ランプ130の反射手段139はリフレクタ141の一部と解釈することも可能である。より詳細には、かかるドーム形状はコイル138より射出される光が効率的に、より好ましくは一回の反射でリフレクタの開口143b方向に向かうように、例えば半球形状に形成される。なお、リフレクタ139の形状は半球形状に限定されず、かかる作用を達成可能であるならば他の形状を排除するものではない。例えば、反射領域142は半楕円球形状や円錐形状であってもよい。

【0034】

反射領域142は、例えばA1（アルミニウム）より形成され、かかる反射領域142のコイル138を覆っている側の表面は可視光線及び赤外線を含む光を効率よく反射する為の高反射率の膜がコーティングされている。かかるコーティングの塗布材料としてはNi（ニッケル）、Au（金）、又はRh（ロジウム）である。コーティングの方法としてはA1材の上にNi、Au、又はA1材の上

にNi、Au、Rh、Auを順じメッキ処理によりコーティングすることが可能である。

【0035】

リフレクタ141は反射領域142及びランプ130の反射手段139によりフィラメント137のコイル138より発せられる光を被処理体Wに向けて反射すると共に、ランプ130の指向性を高める機能を有する。より詳細には、リフレクタ141は、上述した反射領域142とランプ130の反射手段139のドーム形状によりフィラメント137のコイル138部分より放射された光を効率よく、好ましくは少なくとも一回以下の反射で被処理体Wに照射するとともに、ランプ光を被処理体Wに対し略垂直となる方向に集光する。即ち、ランプ130より放射される光はリフレクタ139の開口143bの接線方向の範囲内に集中する。即ち、本実施例のランプ130は、リフレクタ139での反射回数が少なくて済むためエネルギー損失が少ないまま被処理体Wに伝達され、指向性にも優れている。従来は光がリフレクタの多重反射に伴う反射損失により、ランプ光のエネルギーを低下させる問題があったが本実施例はそれを解決している。よって、ランプ130は、被処理体Wへの照射効率を従来よりも向上することができる高速昇温を低消費電力で達成することができる。なお、リフレクタ139が有する曲率、及び、開口はランプ130に求める指向性により異なるものである。

【0036】

図2乃至図4を参照するに、ランプハウスとして機能するランプ保持部145は略直方体形状を有し、各ランプ130を収納する溝146と、当該溝146の間に位置する隔壁148とを有している。

【0037】

溝146はランプ130を収納するランプ収納部としての機能を有し、ランプ130aを収納する溝146aと、ランプ130bを収納する溝146bより構成される。ここで、溝146は溝146a、溝146bを総括するものとする。なお、溝146の詳細な形状については後述するものとし、以下溝146の配置について説明する。

【0038】

図2によく示されるように、溝146aはランプ保持部145の中心（図中、線Xと線Yの交差部分）、即ち被処理体Wの中心に対応する部分から半径方向に、サポートリング150の手前まで同心円を描くように形成される。より詳細には、溝146aはランプ保持部145の中心、及び、当該中心部分から半径が第1の距離づつ大きく形成された複数の同心円の円周上に、溝146aの中心が位置するように複数の溝146aが形成される。かかる第1の距離は、ランプ130aの放射分布の半値幅（ランプ130aの光強度がピーク値と比較して半分の値になったときの放射分布の幅）の約0.5乃至1.5倍に設定される。本実施例において、ランプ130aは開口143bからランプ光の放射方向に約40mmの点（本実施例における、ランプ130から被処理体Wまでの距離）において、半値幅約40mmを示す。なお、かかる幅は使用するランプによって異なる値であって、本発明を限定するものではない。なお、かかる同心円は後述する溝146bと重ならない程度の位置まで広げられるものとする。また、一の円上に形成される各溝146aの間隔は第1の距離ごとに形成されることが好ましい。

【0039】

一方、溝146bはサポートリング150と被処理体Wとが重なる部分、及び、その近傍に対応する位置に複数の同心円を描くように形成される。より詳細には、溝146bは被処理体Wと後述するサポートリング150の重なる領域であって、その略中心を示す第一の円C₁、当該円C₁より半径が第2の距離だけ大きい第2の円C₂と、円C₁より半径が第2の距離だけ小さい第3の円C₃のそれぞれの円周上に位置するように配置される。なお、第2の距離は、ランプ130bの放射分布の半値幅の約0.5乃至1.5倍に設定される。ランプ130bは開口143bからランプ光の放射方向に約40mmの点（本実施例における、ランプ130から被処理体Wまでの距離）において、半値幅約20mmを示す。なお、かかる幅は使用するランプによって異なる値であって、本発明を限定するものではない。また、一の円上に形成される溝146bの間隔は第2の距離ごとに形成されることが好ましい。

【0040】

本実施例では、溝146bは3つの円C₁、C₂、及びC₃上に形成されるが、かかる円(C₁、C₂、C₃)の数は例示的である。溝146bは上述したように、サポートリング150及び被処理体Wの重なる部分、及び、その近傍をランプ130bが照射可能なように形成される。例えば、被処理体Wの端部が円C₂より大きい場合は、円C₂の外側に第2の距離だけ大きい半径を有する図示しない円上に溝146bが更に形成される。同様に、サポートリング150が円C₃より小さい場合は、円C₃の内側に第2の距離だけ小さい半径を有する図示しない円上に溝146bが更に形成される。

【0041】

上述した構成において、ランプ保持部145は被処理体Wの中心近傍に対応する位置にランプ130aを、被処理体Wとサポートリングの重なる部分及び当該部分の近傍をランプ130bに配置可能とする。かかる状態においてランプ130を照射すると、被処理体Wの中心部ではランプ130aにより大きな照射面積を得ることができる。一方、被処理体Wの端部近傍ではランプ130bによりランプ130aの照射面積よりも小さな照射面積を得ることができる。

【0042】

本実施例では口径の小さなランプ130bをランプ130aの周囲に配置することで、被処理体Wの端部及びサポートリング150が重なり合う部分、及び当該部分の近傍である狭い領域を、効率よく照射することが可能となる。また、上述したように、ランプ130bに投入されている電力はランプ130aに投入されている電力より大きい。一のランプより照射される単位面積あたりのエネルギーはランプ130bの方が大きい。従来の熱処理装置のランプ配置では一の種類のランプしか使用されておらず、被処理体Wの中心部と端部でランプの照射面積を制御することは困難であった。被処理体Wとサポートリング150が重なり合う部分150、及び、当該部分の近傍はサポートリング150と被処理体Wの比熱が異なる。より詳細には、サポートリング150の比熱は被処理体Wの比熱より小さい。よって、かかる部分は中心部と比べて温度が上昇し難いといった問題を有していた。しかし、本実施例では、温度上昇のしにくい被処理体Wの端部である狭い領域を小口径のランプ130bで照射することでランプ光が漏れること

なく効率よく加熱することができる。更に、ランプ130 bのパワー密度をあげることで中心部との加熱むらを防止することができ、高品質な処理を行うことができる。また、比較的温度上昇のし易い中心付近に大口径のランプ130 aを使用することは、一のランプ130 aで広い照射面積を得ることができる。よって、中心付近のランプ130の数を従来より減らすことができ、消費電力の低減を可能とする。本実施例では異なる口径のランプ130を使用し、かつ投入電力を変化させることでかかる問題を解決している。

【0043】

なお、溝146の配置は同心円状に配置されることに限定されず、上述したような条件を満たしているのであればその他の配置状態でもよく、例えば、直線状や、渦巻状に配置されてもよい。また、本実施例ではリフレクタ141の反射領域142の形状が円であるため、ランプ光の照射領域は円である。しかし、被処理体Wの中心部に照射面積の広いランプ、端部に照射面積が小さいランプを配置するといった概念から考えると、ランプ130は照射領域において限定を有するものではない。例えば、照射領域が三角形になるようにリフレクタ141の反射領域142の形状を変化させても良い。なお、ランプ光の照射領域142の形状は三角形に限定されず、正方形、6角形のその他の多角形であってもよい。また、これと同様な作用を奏するいかなる照射方法をも適用することができる。

【0044】

以下、溝146の形状について説明する。溝146はランプ130と同一な形状を有し、ランプ130の電極部132を収納する部分146cと、中間部134を収納する部分146dと、発光部136を含むリフレクタ141を収納する部分146eからなる。部分146cは電極部132と、図1には図示されて図3及び図4には図示されないランプドライバ310とを接続すると共に、両者の間を封止する封止部143cとしても機能する。

【0045】

溝146はランプ130が内接する部分にランプ130に対応するねじ山（めねじ）147が形成されている。本実施例において、ねじ山147はランプ130と適合するような三角ねじであって、略三角のねじ山が形成される。なお、ね

じ山の形状はかかる形状に限定されるものではなく、ランプ130のねじ山131（及びリフレクタ141のねじ山144）が四角ねじ又は台形ねじ等であるなら、溝146のねじ山147もそれに対応して形成される。なお、溝146はランプ130が熱膨張したときに、ランプ130と最適に一致するようになじ山147が形成される。即ち、ランプ130が通常の形態（熱膨張していない状態）であるとき、溝146に形成されたねじ山147の外径、内径、及びねじ山のピッチは、ランプ130のねじ山の外径、内径、及びねじ山のピッチより若干大きい寸法を有する。但し、かかる寸法の差はランプ130の挿入及び溝146との係合を妨げない程度のものであると理解されたい。

【0046】

上述した構成において、溝146とランプ130はナットとボルトの関係である。即ち、ランプ保持部145はランプ130を回転しながら溝146に挿入することでねじ山が互いに係合し、ランプ130を保持する。ランプ130が通常の形態（熱膨張していない）であるとき、ランプ130と溝146の対応するねじ山は重力方向の面において接触している。即ち、ランプ130と溝146はねじ山において接触面積を確保している。かかる接触面積はランプ130を保持するために必要であると同時に、以下の欠点を解決するものである。従来のランプ保持部の溝はランプと同様な円筒形を有しており、ランプの熱膨張を考慮してランプが膨張により最大となる時に溝とランプが一致するように形成されていた。即ち、従来ではランプが完全に膨張しきっていないときには、溝との接触面積が少なくランプを冷却するためにランプ保持部に配置されている冷却管の冷却効率を低下するという欠点を有したが、本実施例ではそれを解決している。また、溝146のねじ山147はランプ130のねじ山より若干大きく形成されているため、溝146とランプ130には多少の空間を形成する。ランプ130が加熱され熱膨張しているとき、溝146とランプ130は一致するように形成されており、かかる空間によりランプ130の膨張を可能とする。

【0047】

また、かかる構成のランプ保持部145の溝146とランプ130関係は、更に以下に示すような長所を有する。上記のようにランプ130の投入電力をラン

ランプ130aとランプ130bで変化させると、高出力ランプは低出力ランプよりも短命になる。これは、高出力ランプの方がランプ内部が高温となるためハロゲンサイクルが成立しなくなり、フィラメント137が細くなりランプ寿命を短くするためである。即ち、ランプ130bはランプ130aよりも短命になる。同様に、高出力ランプ用リフレクタは低出力ランプ用リフレクタよりも短命になる。これは、高出力ランプの方がランプ内部が高温となるため、リフレクタ141のA1材コーティングの分子材料の中に高温になると下地金属と相互に拡散しあって合金を作る性質があり、かかる合金が反射率の低下を引き起こす。即ち、リフレクタ141bはリフレクタ141aより短命となる。

【0048】

従来のランプハウス（本実施例において、ランプ保持部145に相当）は、寿命切れとなったランプハウス周辺のランプとリフレクタを交換するために、未だ使用可能なランプハウス中央のランプとリフレクタをも含めたランプハウスを一體的に交換しなければならなくなり、不経済であるという欠点を有していた。本実施例におけるランプ130は溝146と接する部分にねじ山を形成することで、各々独立してランプ保持部145より着脱ができる。また、本実施例では、リフレクタ141は発光部136を含むランプ本体から分離可能にランプ保持部145に着脱可能に設けられている。よって使用不可能となった発光部136を含むランプ本体又は／及びリフレクタ141だけの交換が可能であり、経済的に好ましい。また、ランプハウス全体を交換することは作業が煩雑であり、メンテナンス性を低下させるという欠点を有するが、本発明はかかる欠点を解決している。なお、本実施例のランプ130の形状は例示的であり、本発明のランプ130はランプ保持部145に対して発光部136を含むランプ本体及びリフレクタ141が各々又は組み合わせにおいて一のランプ130単独で着脱可能であることに足りるものである。また、図8を参照するリフレクタ141はランプ保持部145に対してネジ等の接続部材を用いて接合されても良い。ここで、図8は、図6に示すリフレクタ141の変形例であるリフレクタ141cを示した概略側面図である。図9は、図8に示すリフレクタ141の概略上面図である。リフレクタ141aは反射領域142aを有し、ランプ130の発光部136をかかる反

射領域142aに挿入するための開口143cとランプ光が射出される開口143dが形成されている。リフレクタ141aは開口143c側をドーナツ状に形成し、かかる部分にスルーホールを有し、スルーホールを介しネジ等でランプ保持部145に取り付けられる。かかる構成であってもリフレクタ141を容易に取り外し可能であることが理解されるであろう。

【0049】

ランプ130を保持する溝146の好ましい形態について説明したが本発明はこれに限定されず、上述の作用及び効果を達成可能であればその他の形態を排除するものではない。また、溝146の形態は本実施例のランプ130に限定されず、当該周知のいかなるランプにも適用可能である。

【0050】

隔壁148は図3及び図4に示すように、同心円上に整列する複数の隣接する溝146の間に配置されている。隔壁148には、隔壁148に沿って一対の冷却管（水冷管）149a及び149bが内接されている（なお、冷却管149は冷却管149a及び冷却管149bを総括するものとする）。より詳細には、冷却管149aはランプ130の電極部132に対応する場所に位置し、冷却管149bはランプ130の発光部136及びリフレクタ141に対応する場所に位置する。

【0051】

冷却管149は図示しない温度制御機構に接続される。温度制御機構は、例えば、制御部300と、温度センサ又は温度計と、ヒータとを有し、水道などの水源から冷却水を供給される。冷却水の代わりに他の種類の冷媒（アルコール、ガルデン、フロン等）を使用してもよい。温度センサは、例えば、PTCサーミスタ、赤外線センサ、熱電対など周知のセンサを使用することができ、温度センサ又は温度計はランプ130の電極部132、及び発光部136又はリフレクタ141の壁面温度を測定する。ヒータは、例えば、冷却管116の周りに巻かれたヒータ線などとしてから構成される。ヒータ線に流れる電流の大きさを制御することによって冷却管149を流れる水温を調節することができる。

【0052】

冷却管149aは、電極133がモリブデンから構成される場合は、モリブデンの酸化による電極部133及び封止部143cの破壊を防止するために電極部132の温度を350℃以下に維持する必要がある。また、冷却管149bは、中間部134及び発光部136がハロゲンサイクルを維持するように発光部134の温度を250乃至900℃に維持する必要がある。ここで、ハロゲンサイクルとは、フィラメント137を構成するタングステンが蒸発しハロゲンガスと反応し、タングステン-ハロゲン化合物が生成され、ランプ130内を浮遊する。ランプ130が250乃至900℃に維持された場合、タングステン-ハロゲン化合物はその状態を維持する。また、対流によって、タングステン-ハロゲン化合物がフィラメント137付近に運ばれると、高温のためにタングステンとハロゲンガスに分解される。その後、タングステンはフィラメント137に沈殿し、ハロゲンガスは再び同じ反応を繰り返すことである。なお、ランプ130は、一般に、900℃を超えると失透（発光部134が白くなる現象）が発生し、250℃を下回ると黒化（タングステン-ハロゲン化合物がランプ130の内壁に付着し黒くなる現象）が発生する。更に、リフレクタ141は反射領域142にコートされたコーティングの材料分子には高温になると下地金属と相互に拡散しあって合金を作る性質がある。これが反射領域142の反射率の低下につながるため、リフレクタを所定の温度以下に維持する必要がある（例えば、Niメッキが施されている場合、300℃以下が好ましい）。

【0053】

本実施例では、冷却管149aをハロゲンサイクルの範囲温度及びモリブデンの酸化防止の共通温度、好ましくは250乃至350℃、冷却管149bをハロゲンサイクルの範囲温度及びリフレクタ141のコーティング層の保護の共通温度、好ましくは250乃至300℃に維持する。

【0054】

かかる構成において、冷却管149は電極133のモリブデンの酸化により電極部132及び封止部143cが破損することを防止する。また、リフレクタ141のコーティング層を保護し、反射率の低下を抑制する。従って、冷却管149は発光部136を含むランプ本体及びリフレクタの寿命を長くするといった長

所を有し、経済的に優れている。なお、溝146とランプ130及びリフレクタ141との接触面積は上述したように従来より大きく、冷却効率を十分に得ることができる。

【0055】

なお、例示的に、リフレクタ141及びランプ130の発光部136に相当する部分の隔壁148を設けずに、かかる部分を空間とし発光部136を空冷にするとした冷却方法も考えられる。なお、封止部143cは上述する冷却管149aにより冷却するものとする。かかる構成であっても、上述した構成と同様な作用及び効果を得ることができる。当該周知の空冷機構、例えばプロアによって強制的に発光部136を冷却するような方法を使用しても良い。更に、例示的に、隔壁148に封止部143c及びリフレクタ141を冷却可能な共通の冷却管を設けた冷却方法も考えられる。かかる構成においては、冷却管はモリブデンの酸化防止、ハロゲンサイクル範囲、及び反射領域142のコーティング層の保護の為の共通である温度、例えば250乃至300℃になるように冷却される。このような構成であっても、上述した冷却管149と同様な効果を得ることができる。

【0056】

次に、図1、図10及び図11を参照して放射温度計200を説明する。ここで、図10は放射温度計200及びその近傍の処理室110の概略拡大断面図である。図11は、放射温度計200の別の適用例を示した放射温度計200のセンサロッド210の近傍を示した概略拡大断面図である。放射温度計200は被処理体Wに関してランプ130と反対側に設けられている。但し、本発明は放射温度計200がランプ130と同一の側に設けられる構造を排除するものではない。

【0057】

放射温度計200は処理室110の底部114に取り付けられている。底部114の処理室110内部を向く面114aは金メッキなどが施されて反射板（高反射率面）として機能する。これは、面114aを黒色などの低反射率面とすると被処理体Wの熱を吸収してランプ130の照射出力を不経済にも上げなければ

ならなくなるためである。底部114は円筒形状の貫通孔115を有する。放射温度計200はセンサロッド210と、フィルタ220と、放射検出器230とを有し、かかる貫通孔115よりフィルタ230を介し、放射検出器220に接続されたセンサロッド210を処理空間内に突出させている。センサロッド210は、処理室110の底部114に設けられた貫通孔115に挿通されてオーリング190によりシールされている。これにより、処理室110は貫通孔115に拘らずその内部の減圧環境を維持することができる。なお、本実施例の後述する温度測定方法では、チョッパ及び当該チョッパを回転駆動するためのモータ等を省略することが可能であり、必要最低限の比較的安価な構成を採用している。放射温度計200は被処理体Wの温度を測定しかかる温度を制御部300に送信することで、被処理体Wに所定の温度で熱処理を行うことを可能としている。

【0058】

センサロッド210は単芯又は多芯光ファイバより構成される。図10を参照するに、センサロッド210は一の端部214をフィルタ220を介し放射検出器230へ接続し、他方の端部212を被処理体Wの近傍に配置する。端部212は集光作用を有し、かかる作用により被測定体より放射される放射光をかかる放射検出器230へ導入する。なお、端部212は集光作用を奏するレンズ等を更に有する構成であっても良い。光ファイバは一旦入射された放射光を殆ど減衰することなくフィルタ220へ案内することができるので伝達効率に優れるという長所を有する。また、センサロッド210の導光路に可撓性を持たせることができ、放射温度計200の配置の自由度を増加させることができる。更に、放射温度計200の本体又は放射検出器230を被処理体Wからより離間させることができるので被処理体Wからの温度の影響を受けて放射温度計200の各部が変形する等の弊害を防止してより高い測定精度を維持することができる。

【0059】

しかし、放射温度計200を用いた従来の温度測定方法ではセンサロッド210の端部212は開放空間中に設けられており、例えばセンサロッド210は底部114から突出し処理室110と同一空間に存在する状態であった。かかる状態での温度測定は、迷光と呼ばれる所望の被測定体（被処理体W）からの放射光

以外の要素がノイズとなって測定精度を下げる原因となっていた。そこで、本発明者は被測定体に迷光を遮蔽する空間（閉空間）を形成しかかる空間内部にセンサロッド210を配置することで、迷光を遮断し測定精度を上げることを考えた。

【0060】

より詳細には、図10によく示されるように、センサロッド210の端部212は、光を遮断するドーム形状の遮蔽部216より被測定体（被処理体W）を含めた閉空間を形成し、かかる閉空間内部にセンサロッド210の端部212が配置されるように構成される。遮蔽部216は、例えば断面U字型の形状を有し、U字型の開口側を気密的に被測定体に接触させることで処理室110とは異なる雰囲気形成し、迷光を遮断する。本実施例において、遮蔽部216は断面U字形状であるが、本発明の構成がこれに限定されることを意味するものではない。なお、遮蔽部226は被測定体と同一部材より形成されることが好ましく、かかる被測定体が迷光を透過しやすい部材であるならば、その側面に遮蔽膜等を塗布し迷光を遮断する必要がある。遮蔽部216を被測定体を同一材料より構成することで、別部材から放射される放射光によって測定精度を下げるなどを防止することができる。しかし、遮蔽部216の構造及び材料は上記に限定されず、迷光を遮断し得るのであればその他の構成を排除するものではない。

【0061】

また、例示的に図11に示すように、被測定体の内部にセンサロッド210を挿入可能な空間を形成し、かかる空間にセンサロッド210を挿入し閉空間を形成するといった構成であっても良い。ここで、図11は、図10に示すセンサロッド210の端部222近傍の別の例示的一態様を示す概略断面図である。但し、図11における構成では被測定体、即ち被処理体Wに穴又は空間を形成する必要がある。従って、かかる空間は被処理体Wの周縁部に設ける、又はサポートリング150に空間を形成しかかる空間内にセンサロッド210を挿入し、サポートリング150を介して間接的に被処理体Wの温度を測定するといった構成であっても良い。

【0062】

従来では迷光にともなうノイズにより測定精度を下げる原因となっていたが、本実施例は遮光部216で別雰囲気を形成し迷光を遮蔽することで開放空間にセンサロッド210を配置するよりも迷光の影響を下げることができる。よって、被測定体の温度を精度よく測定することが可能となり、生産性能の安定性及び再現性を高めることができ、高精度な熱処理及び当該熱処理を施した高品質なウェハを提供することができる。また、センサロッド210は任意の可動機構を有してもよく、例えば必要な温度測定のときのみセンサロッド210を被処理体Wに接触させ温度測定し、温度測定をしないときには退避動作を可能にする構成であってもよい。かかる構成は、例えば後述するガス処理及び被処理体の回転に際して、センサロッド210が被処理体のガス処理及び被処理体の回転を妨げないようになることができる。また、上述したように回転リング150内にセンサロッド210を設け、被処理体のガス処理及び回転を妨げないようにすることも可能である。

【0063】

更に、本発明者は放射温度計の測定誤差の原因を探るべく被処理体に使用される部材の放射特性を十分に吟味する必要があると考えた。そこで、本発明者は被処理体に使用される部材を温度をパラメータとして波長に対する放射率を測定した。かかる測定結果より、ある部材においては（例えば、石英や炭化シリコン）、温度に関わらず波長に対する放射率がほぼ一様な値を示す箇所があることを見ると共に、波長によって放射率の値に大小が存在することを発見した。放射温度計を使用した温度測定の際、放射率の低い、即ち、放射エネルギーが少ない波長を有する熱放射光を使用することはノイズの存在が十分に考えられる。従来では、温度測定の際検出精度を上げるために波長を選択して温度測定をすることは行われておらず、ノイズを多く含む放射光でさえ測定の対象とされていた。そこで、本発明者はかかるノイズが温度測定の誤差の原因となっていることを発見するとともに、ノイズの少ない、即ち、放射率の高い波長を有する熱放射光を選択し、かかる放射光で温度測定を行えば精度の高い温度測定が可能であると考えた。そこで、本発明の放射温度計200は検出する波長を選択するためにフィルタ220を有する。

【0064】

フィルタ220はセンサロッド210と放射検出器230の間に位置し、放射検出器230へ導入される放射光を波長によって制限する機能を有する。フィルタ220は波長フィルタであり当該周知のいかなる技術をも適用可能である為、ここでの詳細な説明は省略する。本実施例においてフィルタ220は高放射率を示す波長域のみ波長を選択するように設定される。図12乃至図14に各材料の波長に対する放射率を示す。ここで、図12は、温度及び基板厚さをパラメータとした、石英基板の波長に対する放射率を示した図である。図13乃至図14は、温度及び材料の厚さをパラメータとしたときの、SiC（炭化シリコン）、AlN（窒化アルミニウム）基板の波長に対する放射率を示した図である。

【0065】

例えば、図12を参照するに、石英基板は、4.5乃至7.4μm又は9.0乃至19.0μmの波長領域は高放射率を示していることが容易に理解される。かかる領域において、一の波長を選択しフィルタ220を介し透過させることで、後述する放射検出器200には、高放射率かつ図12より既知となった放射率を有する波長を通過させることが可能となる。なお、図13より、SiCは4.3乃至10.5μm及び12.5乃至20.0μmの波長領域において、高反射率を示している。更に、図14より、AlNは5.0乃至11.0μm及び17.0乃至25.0μmの波長領域において、高反射率を示している。SiC及びAlNにおいても、かかる領域において、一の波長を選択しフィルタ220を介し透過させることで、後述する放射検出器200には、高放射率かつ図13及び図14より既知となった放射率を有する波長を通過させることが可能となる。

【0066】

なお、本実施例では放射検出器220に導入される波長を選択するためにフィルタ220を使用しているが、本発明はこれに限定されるものでなく当該周知のいかなる技術を適用可能であることは言うまでもない。また、後述するようにフィルタ220は複数使用する構成であっても良い。

【0067】

放射検出器220は、図示しない結像レンズ、Siホトセル、增幅回路を備え

、結像レンズに入射した放射光を電圧、即ち、後述の放射強度 $E_1(T)$ を表す電気信号に変換して制御部300に送る。制御部300はCPU及びメモリを備えており、後述する放射強度 $E_1(T)$ を基に被処理体Wの基板温度Tを算出する。なお、この演算は放射温度計200内の図示しない演算部が行ってもよい。

【0068】

より詳細には、センサロッド210の端部221により集光され、光ファイバにより検出器230に伝達される。センサロッド210により伝達された放射強度（又は輝度）はそれぞれ以下の数式2で示される。

【0069】

【数2】

$$E_1(T) = \varepsilon E_{BB}(T)$$

ここで、 $E_1(T)$ は検出器230によって求められた温度Tにおける被測定体からの放射強度、 $E_{BB}(T)$ は温度Tにおける黒体の放射強度である。数式2は、プランクの式から導かれる。

【0070】

【数3】

$$E_{BB}(T) = \sigma T^4$$

ここで、 σ はステファンーボルツマン定数といい、 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} (\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4)$ であり、数式3はステファンーボルツマンの法則から導かれる。

【0071】

検出器270又は制御部300は、数式2の ε に既知の被測定体（被処理体W）のフィルタ220の透過波長に対応した放射率を代入することで、放射強度 $E_{BB}(T)$ を求めることができる。よって、 $E_{BB}(T)$ を数式3に代入して温度Tを求めることができる。いずれにしろ制御部300は被処理体Wの温度Tを得る

ことができる。

【0072】

なお、上述した温度測定方法は被処理体の温度計測のみに限定されるものではなく、例えば石英製のウインドウ120の温度測定に利用してもよい。また、適用可能な材料も上述の部材に限定されず、材料の放射特性を知り得るものであるならば全てに適用化のあることは言うまでもない。

【0073】

図15を参照するに、フィルタ220及び放射検出器230は複数設ける構成であっても良い。ここで、図15は、図1に示す放射温度計200の別な例示的一態様を示す概略側面図である。放射温度計200Aは、複数の単芯又は多芯光ファイバから構成される光ファイバ210A（光ファイバ210a乃至光ファイバ210d）と、複数のフィルタ220A（フィルタ220a乃至フィルタ220d）と、複数の放射検出器230A（放射検出器230a乃至放射検出器230d）から構成される。かかる構成は放射温度計200と基本的に同一であり、ここでの詳細な説明は省略する。

【0074】

放射温度計200Aは、放射温度計200と同様に、一の端部である複数の光ファイバ210Aを束ねた端部212Aを閉空間に配置し、他方の端部214A（端部214a乃至端部214d）をフィルタ220Aを介し放射検出器230Aに接続する。なお、フィルタ220Aを構成する複数のフィルタ220a乃至フィルタ220dは、放射検出器230へ導入される放射光を各フィルタ220Aにおいて各々異なる波長によって制限する機能を有する。但し、フィルタ220a乃至フィルタ220dは上述したように放射率の高い波長であってその中の任意の一の波長を各々選択し、フィルタ220Aを介し透過させる。これにより、放射検出器200Aには高放射率かつ図12より既知となった放射率を有する複数の波長を通過させることが可能となる。かかる構成は波長の異なる放射光の数を増やし検出信号を複数にすることで、測定及びその他の誤差を制御部300で平均化し放射温度計200よりも精度よく温度測定することが可能となる。なお、放射検出器230Aと制御部300の間に所定の回路を構成し、かかる回路

において放射検出器230Aより送られる信号を平均化する構成であってもよい。

【0075】

制御部300は内部にCPU及びメモリを備え、被処理体Wの温度Tを認識してランプドライバ310を制御することによってランプ130の出力をフィードバック制御する。また、制御部300は、後述するように、モータドライバ320に所定のタイミングで駆動信号を送って被処理体Wの回転速度を制御する。

【0076】

ガス導入部180は、例えば、図示しないガス源、流量調節バルブ、マスフローコントローラ、ガス供給ノズル及びこれらを接続するガス供給路を含み、熱処理に使用されるガスを処理室110に導入する。なお、本実施例ではガス導入部180は処理室110の側壁112に設けられて処理室110の側部から導入されているが、その位置は限定されず、例えば、シャワーヘッドとして構成されて処理室110の上部から処理ガスを導入してもよい。

【0077】

アニールであればガス源はN₂、Arなど、酸化処理であればO₂、H₂、H₂O、NO₂、窒化処理であればN₂、NH₃など、成膜処理であればNH₃、SiH₂Cl₂やSiH₄などを使用するが、処理ガスはこれらに限定されないことはいうまでもない。マスフローコントローラはガスの流量を制御し、例えば、ブリッジ回路、增幅回路、コンパレータ制御回路、流量調節バルブ等を有し、ガスの流れに伴う上流から下流への熱移動を検出することによって流量測定して流量調節バルブを制御する。ガス供給路は、例えば、シームレスパイプを使用したり、接続部に食い込み継ぎ手やメタルガスケット継ぎ手を使用したりして供給ガスへの配管からの不純物の混入が防止している。また、配管内部の汚れや腐食に起因するダストパーティクルを防止するために配管は耐食性材料から構成されるか、配管内部がPTFE（テフロン）、PFA、ポリイミド、PBIその他の絶縁材料により絶縁加工されたり、電解研磨処理がなされたり、更には、ダストパーティクル捕捉フィルタを備えたりしている。

【0078】

排気部190は、本実施例ではガス導入部180と略水平に設けられているが、その位置及び数は限定されない。排気部190には所望の排気ポンプ（ターボ分子ポンプ、スペッターアイオンポンプ、ゲッターポンプ、ソープションポンプ、クライオポンプなど）が圧力調整バルブと共に接続される。なお、本実施例では処理室110は減圧環境に維持されるが、本発明は減圧環境を必ずしも必須の構成要素とするものではなく、例えば、133Pa乃至大気圧の範囲で適用可能である。排気部190はヘリウムガスを次の熱処理前までに排気する機能も有する。

【0079】

以下、被処理体Wの回転機構について図1を参照して説明する。集積回路の各素子の電気的特性や製品の歩留まり等を高く維持するためには被処理体Wの表面全体に亘ってより均一に熱処理が行われることが要求される。被処理体W上の温度分布が不均一であれば、例えば、成膜処理における膜厚が不均一になったり、熱応力によりシリコン結晶中に滑りを発生したりするなど、RTP装置100は高品質の熱処理を提供することができない。被処理体W上の不均一な温度分布はランプ130の不均一な照度分布に起因する場合もあるし、ガス導入部180付近において導入される処理ガスが被処理体Wの表面から熱を奪うことに起因する場合もある。回転機構はウェハを回転させて被処理体Wがランプ130により均一に加熱されることを可能にする。

【0080】

被処理体Wの回転機構は、サポートリング150と、リング状の永久磁石170と、リング状のSUSなどの磁性体172と、モータドライバ320と、モータ330とを有する。

【0081】

サポートリング150は、耐熱性に優れたセラミックス、例えば、SiCなどから構成された円形リング形状を有する。サポートリング150は被処理体Wの載置台として機能し、中空円部において断面L字状に周方向に沿ってリング状の切り欠きを有する。かかる切り欠き半径は被処理体Wの半径よりも小さく設計されているのでサポートリング150は切り欠きにおいて被処理体W（の裏面周縁

部)を保持することができる。必要があれば、サポートリング150は被処理体Wを固定する静電チャックやクランプ機構などを有してもよい。サポートリング150は、被処理体Wの端部からの放熱による均熱の悪化を防止する。

【0082】

サポートリング150は、その端部において支持部152に接続されている。必要があれば、サポートリング150と支持部152との間には石英ガラスなどの断熱部材が挿入されて、後述する磁性体172などを熱的に保護する。本実施例の支持部152は中空円筒形状の不透明な石英リング部材として構成されている。ペアリング160は支持部152及び処理室110の内壁112に固定されており、処理室110内の減圧環境を維持したまま支持部152の回転を可能にする。支持部152の先端には磁性体172が設けられている。

【0083】

同心円的に配置されたリング状の永久磁石170と磁性体172は磁気結合されており、永久磁石170はモータ330により回転駆動される。モータ330はモータドライバ320により駆動され、モータドライバ320は制御部300によって制御される。

【0084】

この結果、永久磁石170が回転すると磁気結合された磁性体172が支持部152と共に回転し、サポートリング150と被処理体Wが回転する。回転速度は、本実施例では例示的に90RPMであるが、実際には、被処理体Wに均一な温度分布をもたらすように、かつ、処理室110内でのガスの乱流や被処理体W周辺の風切り効果をもたらさないように、被処理体Wの材質や大きさ、処理ガスの種類や温度などに応じて決定されることになるであろう。磁石170と磁性体172は磁気結合されていれば逆でもよいし両方とも磁石でもよい。

【0085】

次に、 RTP装置100の動作について説明する。図示しないクラスターツールなどの搬送アームが被処理体Wを図示しないゲートバルブを介して処理室110に搬入する。被処理体Wを支持した搬送アームがサポートリング150の上部に到着すると、図示しないリフタピン昇降系がサポートリング150から(例え

ば、3本の) 図示しないリフタピンを突出させて被処理体Wを支持する。この結果、被処理体Wの支持は、搬送アームからリフタピンに移行するので、搬送アームはゲートバルブより帰還させる。その後、ゲートバルブは閉口される。搬送アームはその後図示しないホームポジションに移動してもよい。

【0086】

一方、リフタピン昇降系は、その後、図示しないリフタピンをサポートリング150の中に戻し、これによって被処理体Wをサポートリング150の所定の位置に配置する。リフタピン昇降系は図示しないベローズを使用することができ、これにより昇降動作中に処理室110の減圧環境を維持すると共に処理室102内の雰囲気が外部に流出するのを防止する。

【0087】

その後、制御部300はランプドライバ310を制御し、ランプ130を駆動するように命令する。これに応答して、ランプドライバ310は制御部300を駆動し、ランプ130は被処理体Wを、例えば、約800°Cまで加熱する。本実施例の熱処理装置100は、2種類のランプ130により被処理体を均一に加熱しているので所望の高速昇温を得ることができる。ランプ130から放射された熱線は石英ウインドウ120を介して処理空間にある被処理体Wの上面に照射されて被処理体Wを、例えば、800°Cへ200°C/sの加熱速度で高速昇温する。加熱と同時又はその前後に、排気部190が処理室110の圧力を減圧環境に維持する。

【0088】

更に、制御部300は温度制御機構を制御し、ランプ130を冷却する。制御部300は図示しない温度計の情報によりフィードバック制御を行い、封止部143cが250乃至350°Cになるように冷却管149aの温度を制御する。更に、冷却管149bも同様にフィードバック制御を行い、発光部136及びリフレクタ141が250乃至300°Cになるように冷却管149bの温度を制御する。かかる制御は、ランプ130の電極部132の電極133を構成するモリブデンの酸化を防止する。また、ランプ130の発光部136をハロゲンサイクル内及びリフレクタ141のコート層の劣化を防止する範囲内で制御する。この結

果、ランプ130及びリフレクタ141は破損の原因となりうる要素が減少され、ランプ130及びリフレクタ141の長寿命化を達成できる。

【0089】

同時に、制御部300はモータドライバ320を制御し、モータ330を駆動するように命令する。これに応答して、モータドライバ320はモータ330を駆動し、モータ330はリング状磁石170を回転させる。この結果、支持部152（又は152A）が回転し、被処理体Wがサポートリング150と共に回転する。被処理体Wが回転するのでその面内の温度は熱処理期間中に均一に維持される。

【0090】

被処理体Wの温度は放射温度計200により測定されて、制御部300はその測定結果に基づいてランプドライバ310をフィードバック制御する。本実施例では、ランプ130はランプ130aよりランプ130bの方が単位面積あたりのエネルギーが高くなるように出力が決定されている。上記の被処理体Wとサポートリング150の熱物性値の差を補うようなランプ130（ランプ130a及びランプ130b）の配置、及び被処理体Wは回転しているためにその表面の温度分布は均一であることが期待されるが、必要があれば、放射温度計200は、被処理体Wの温度を複数箇所（例えば、その中央と端部）測定することができ、放射温度計200が被処理体W上の温度分布が不均一であると測定すれば、制御部300は被処理体W上の特定の領域のランプ130の出力を変更するようランプドライバ310に命令することもできる。

【0091】

放射温度計200は、チョッパやLED等を使用しない単純な構造であるため安価であると共に装置100の小型化と経済性向上に資する。また、本発明の温度測定方法により放射率の高い波長を選択して検出するため温度測定精度が高い。被処理体Wは、熱処理においては高温環境下に長時間置かれると不純物が拡散して集積回路の電気的特性が悪化するため、高速昇温と高速冷却が必要でありそのため被処理体Wの温度管理が不可欠であるが、本実施例の温度測定方法はかかる要請に応えるものである。この結果、 RTP装置100は高品質の熱処理を

提供することができる。

【0092】

次いで、図示しないガス導入部から流量制御された処理ガスが処理室110に導入される。所定の熱処理（例えば、10秒間）が終了すると制御部300はランプドライバ310を制御してランプ130の加熱を停止するように命令する。これに応答して、ランプドライバ310はランプ130の駆動を停止する。

【0093】

熱処理後に被処理体Wは上述したのと逆の手順によりゲートバルブから処理室110の外へクラスターツールの搬送アームにより導出される。次いで、必要があれば、搬送アームは被処理体Wを次段の装置（成膜装置など）に搬送する。

【0094】

なお、ランプ130は溝146と接する部分にねじ山を形成することで、各々独立してランプ保持部145より着脱可能である。よって、上述した熱処理が終わった段階で、熱処理に伴い使用不能になった発光部136を含むランプ本体及び／又はリフレクタ141を交換する工程を設けることができる。よって使用不可能となった発光部136を含むランプ本体又は／及びリフレクタ141を容易に交換可能であり、被処理体Wの加熱効率の低下を防止できる。また、使用不可能になった発光部136を含むランプ本体又は／及びリフレクタ141のみの交換が可能であり、ランプ保持部145全体を交換する従来の熱処理装置と比較して経済的にも好ましい。なお、かかる工程は必ずしも必要とされず、熱処理装置100のメンテナンス時に行っててもよい。更に、ランプハウス全体を交換することは作業が煩雑であり、メンテナンス性を低下させるという欠点を有するが、本発明はかかる欠点を解決することができる。

【0095】

以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はその要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0096】

【発明の効果】

本発明の例示的一態様である加熱装置、及び熱処理装置によれば、一のランプ

に関しランプ保持部からの着脱可能な構成であって、劣化した発光部を含むランプ本体及び／又はリフレクタだけを容易に交換することが可能であって、未だ使用可能なランプ本体及び／又はリフレクタを取り外すことがない。また、ランプ本体及び／又はリフレクタを交換する際にランプ保持部全体を交換する必要がなく、劣化したランプ本体及び／又はリフレクタのみを交換することができる。よって、従来のようにランプ保持部を一体的に交換する作業と比較しても、熱処理装置のメンテナンスを容易にするものである。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明の例示的一態様としての熱処理装置の概略断面図である。
- 【図2】 図1に示す加熱部の概略底面図である。
- 【図3】 図1に示す加熱部の一部を示す拡大断面図である。
- 【図4】 図1に示すランプ加熱部よりランプをはずしたときの図3に対応する図である。
- 【図5】 図3に示すランプ本体の概略断面図である。
- 【図6】 図3に示すリフレクタの概略断面図である。
- 【図7】 図6に示すリフレクタの概略底面図である。
- 【図8】 図6に示すリフレクタの変形例であるリフレクタを示した概略側面図である。
- 【図9】 図8に示すリフレクタの概略上面図である。
- 【図10】 放射温度計及びその近傍の処理室の概略拡大断面図である。
- 【図11】 放射温度計の別の適用例を示した放射温度計のセンサロッドの近傍を示した概略拡大断面図である。
- 【図12】 温度及び基板厚さをパラメータとした、石英基板の波長に対する放射率を示した図である。
- 【図13】 温度及び材料の厚さをパラメータとしたときの、SiC（炭化シリコン）基板の波長に対する放射率を示した図である。
- 【図14】 温度及び材料の厚さをパラメータとしたときの、AlN（窒化アルミニウム）基板の波長に対する放射率を示した図である。
- 【図15】 図1に示す放射温度計の別な例示的一態様を示す概略側面図で

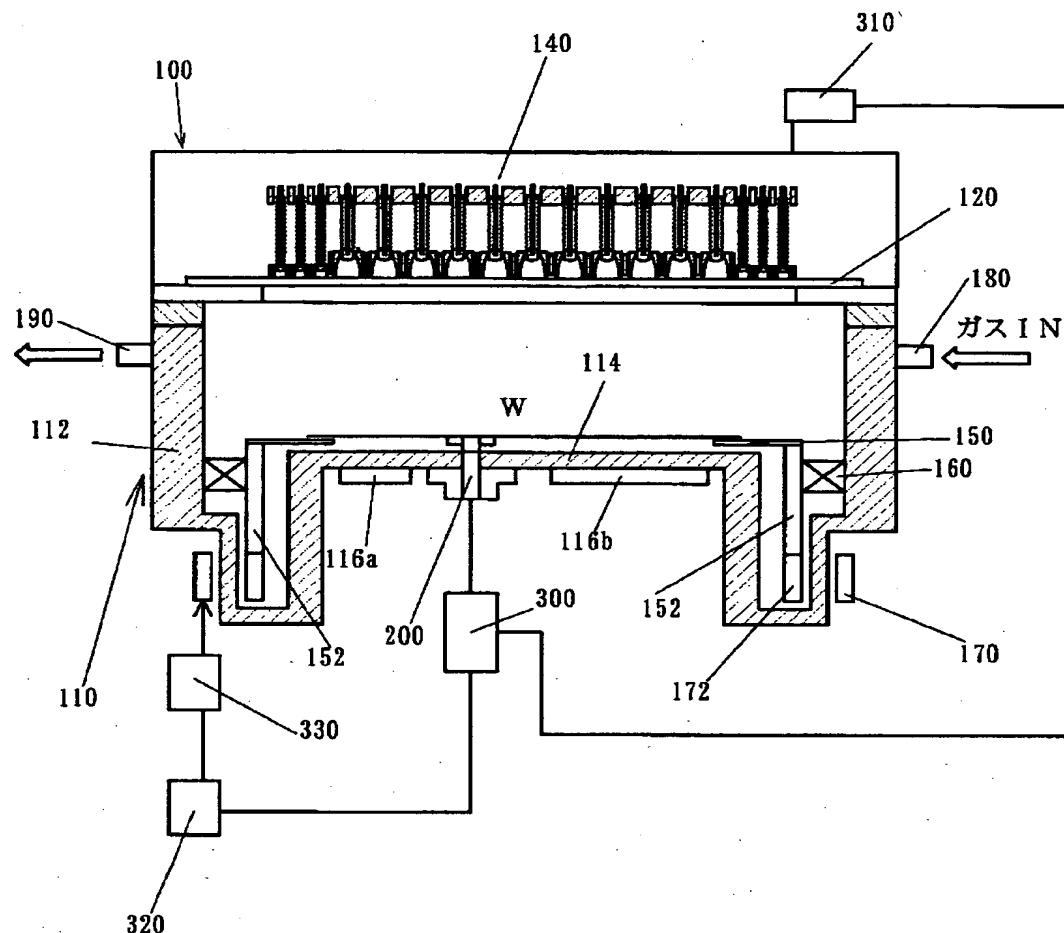
ある。

【符号の説明】

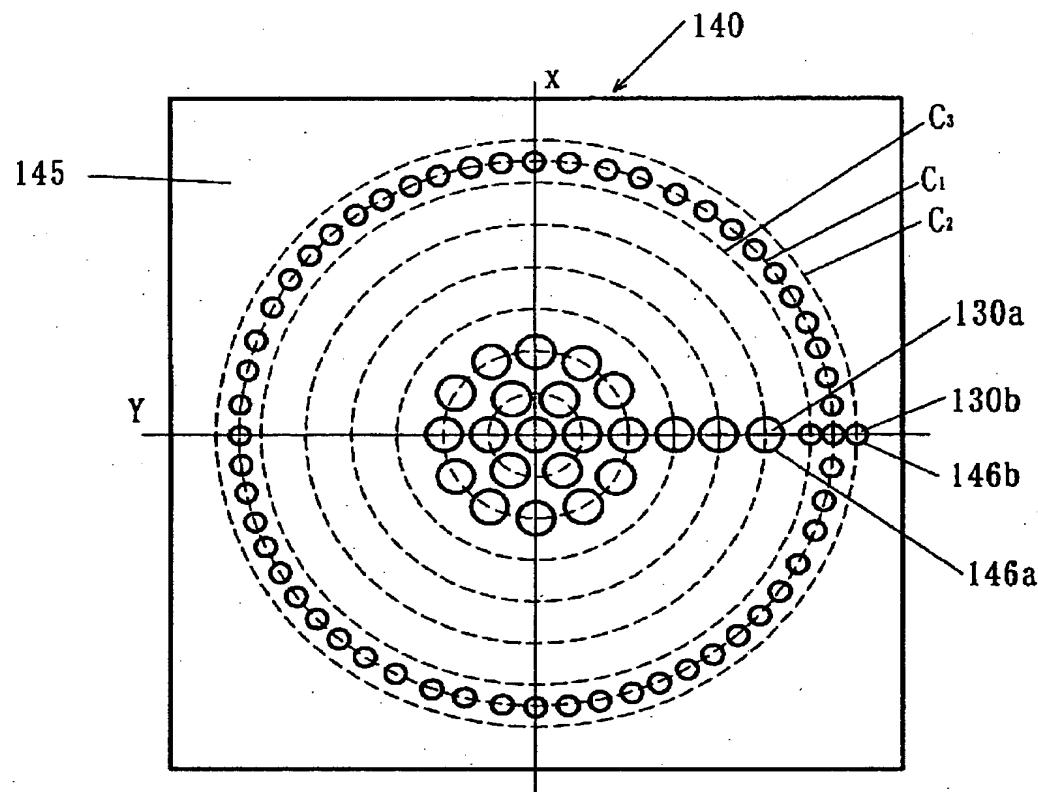
100	熱処理装置
110	処理室
120	石英ウインドウ
130	ランプ
131	ねじ山
132	電極部
136	発光部
137	フィラメント
138	コイル
140	加熱部
141	リフレクタ
142	反射部
144	ねじ山
145	ランプ保持部
146	溝
147	ねじ山
150	サポートリング
160	ペアリング
170	磁石
180	ガス導入部
190	排気部
200	放射温度計
210	光ファイバ
220	フィルタ
230	放射検出器
300	制御部
310	ランプドライバ

【書類名】 図面

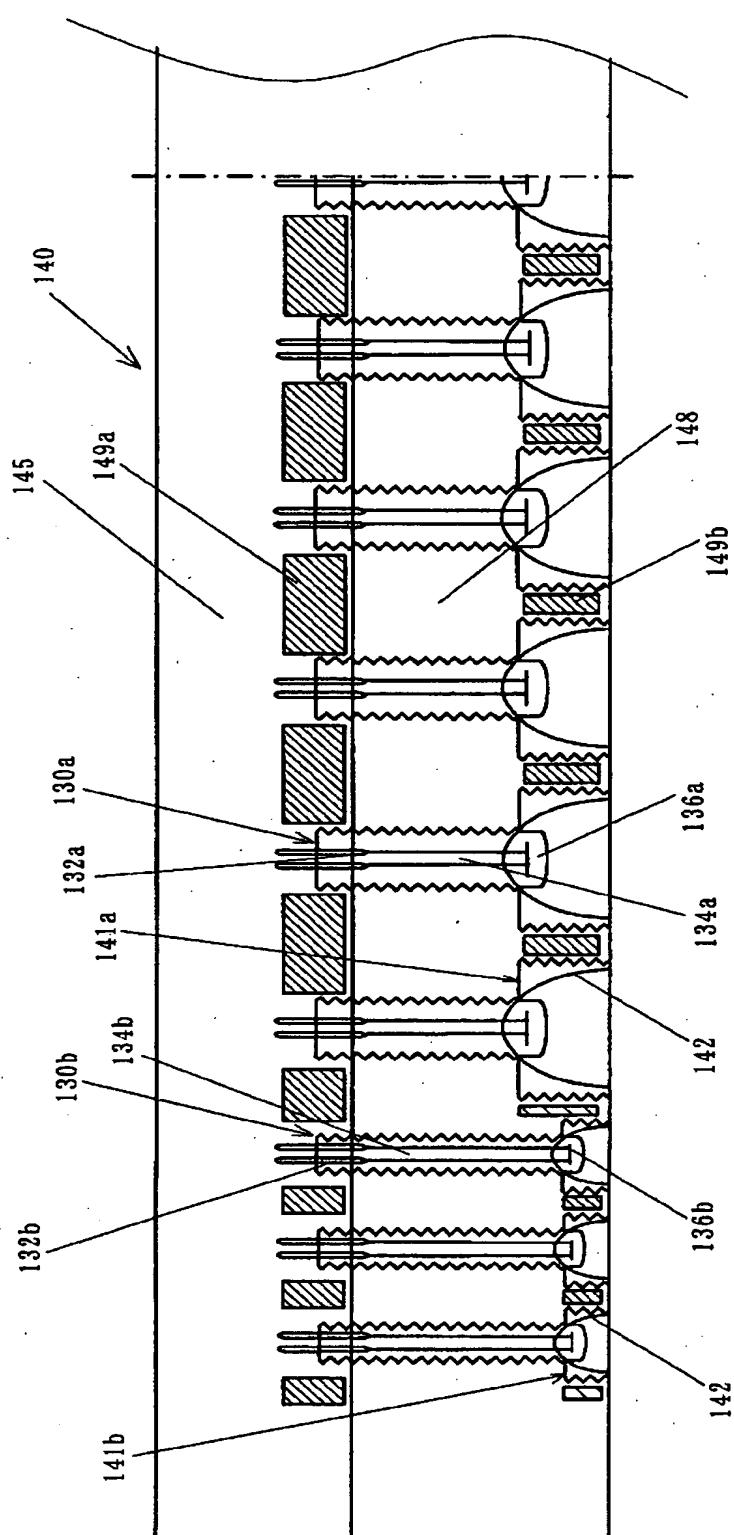
【図1】



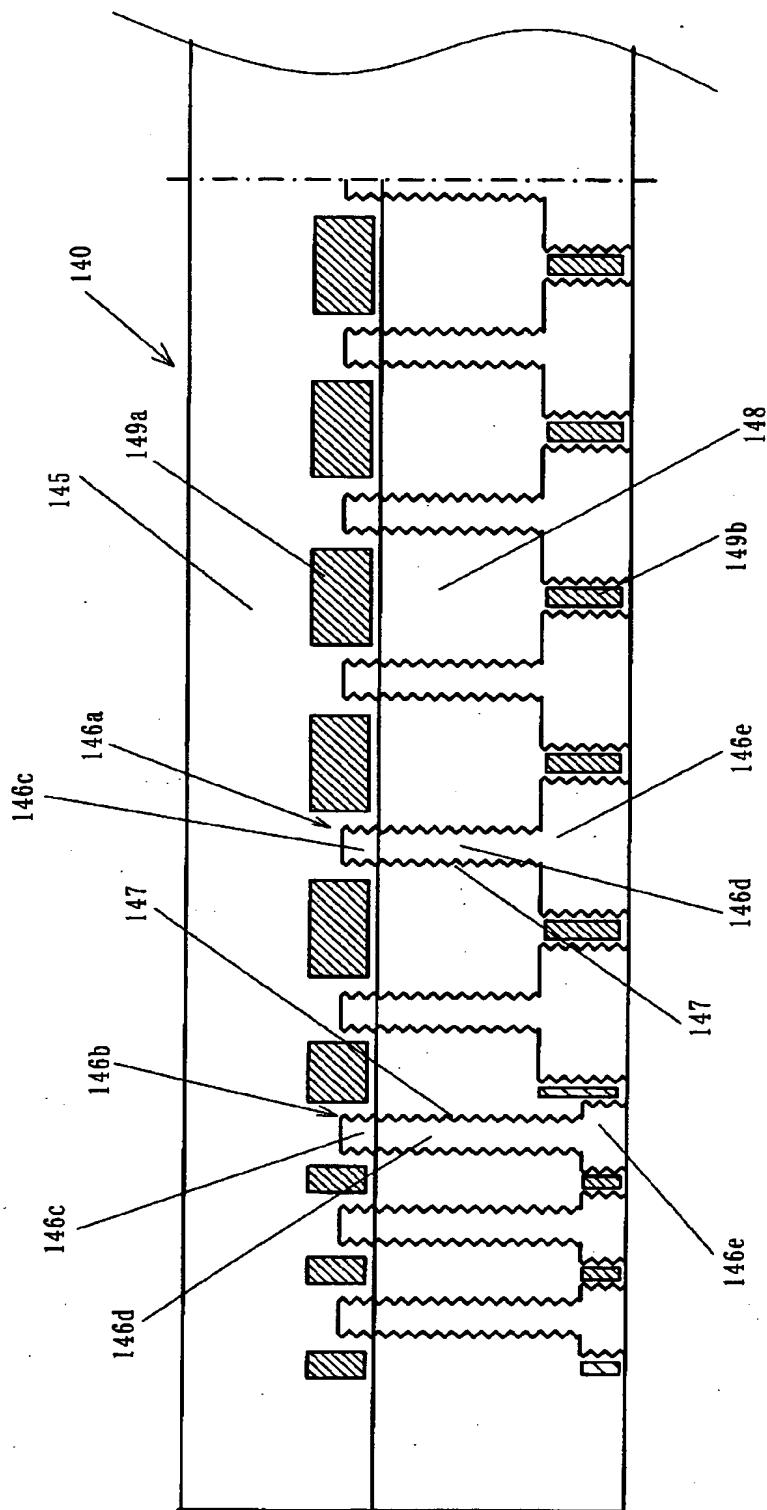
【図2】



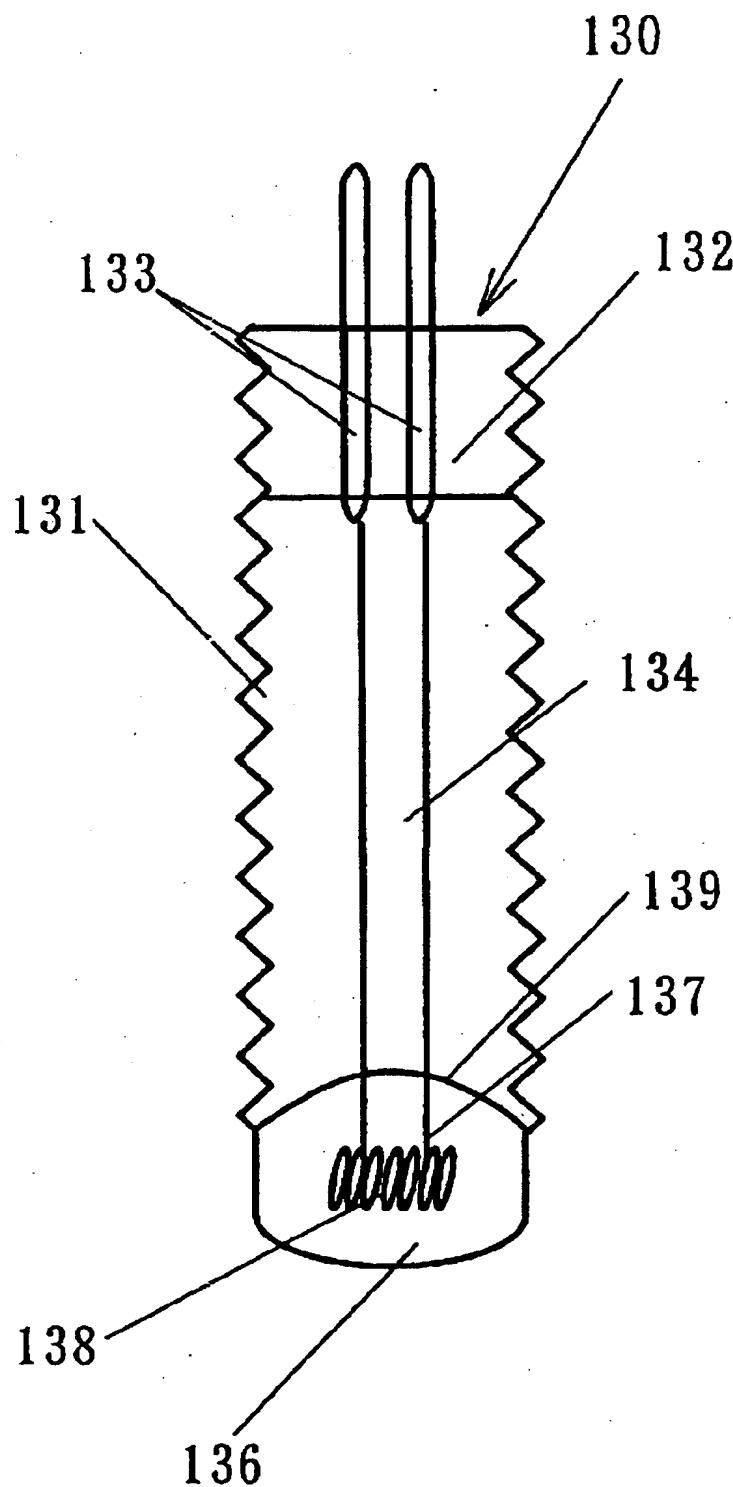
【図3】



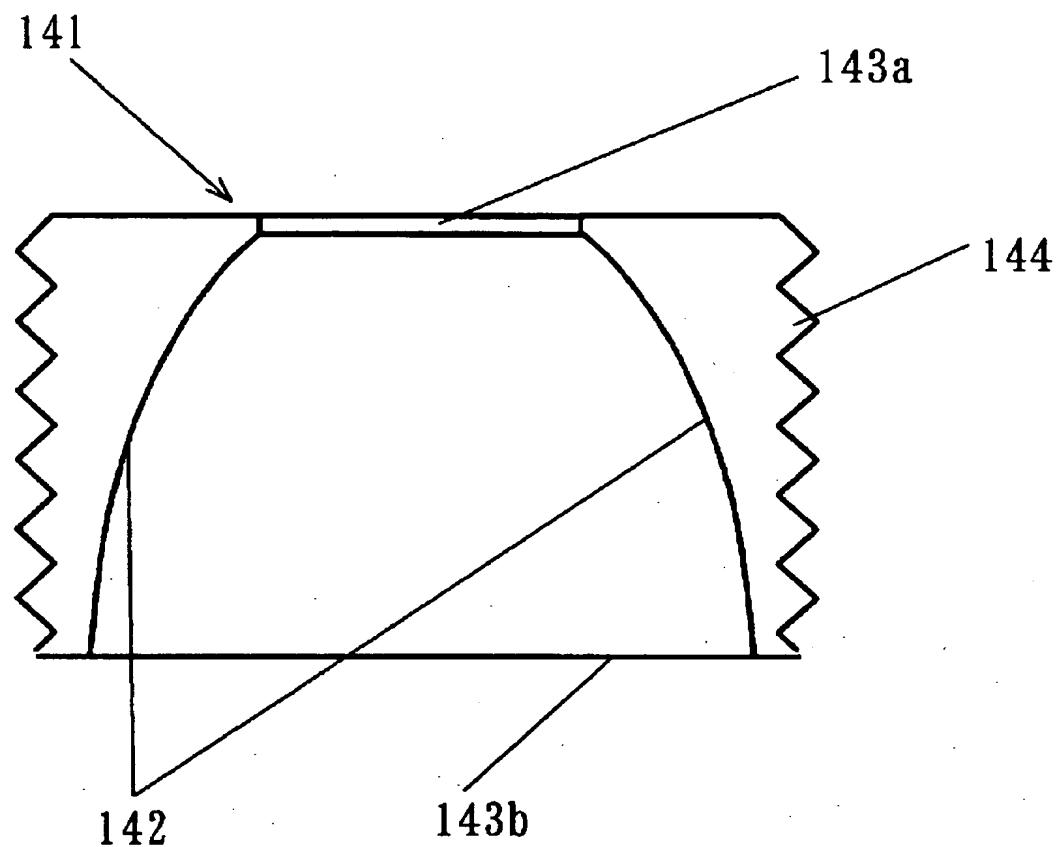
【図4】



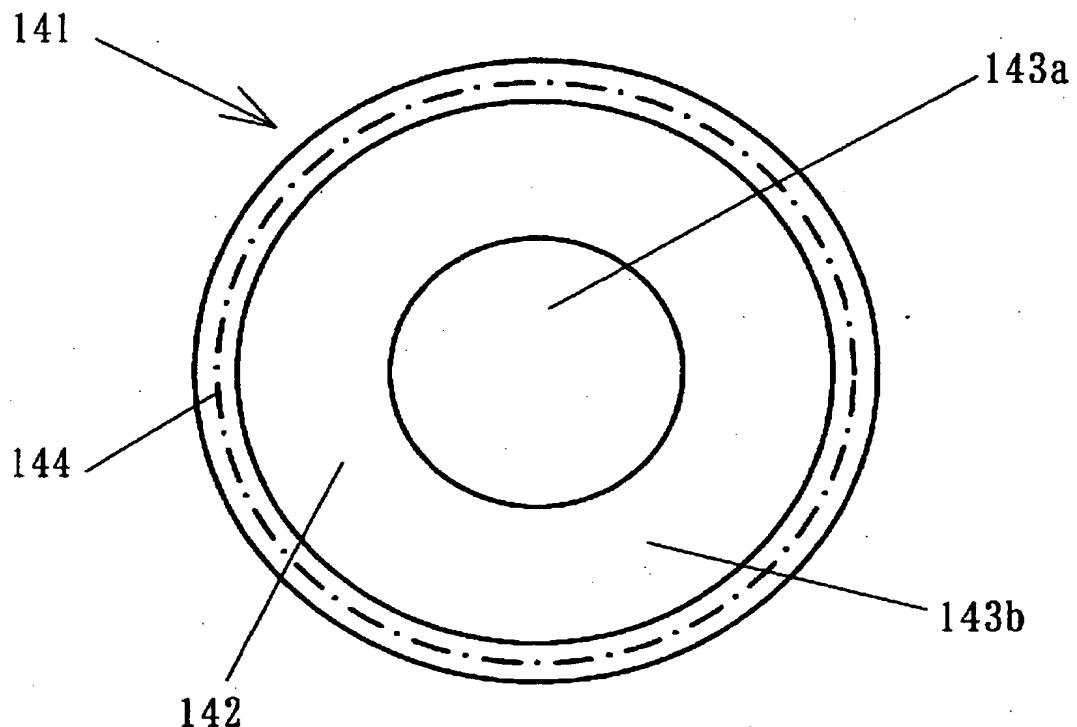
【図5】



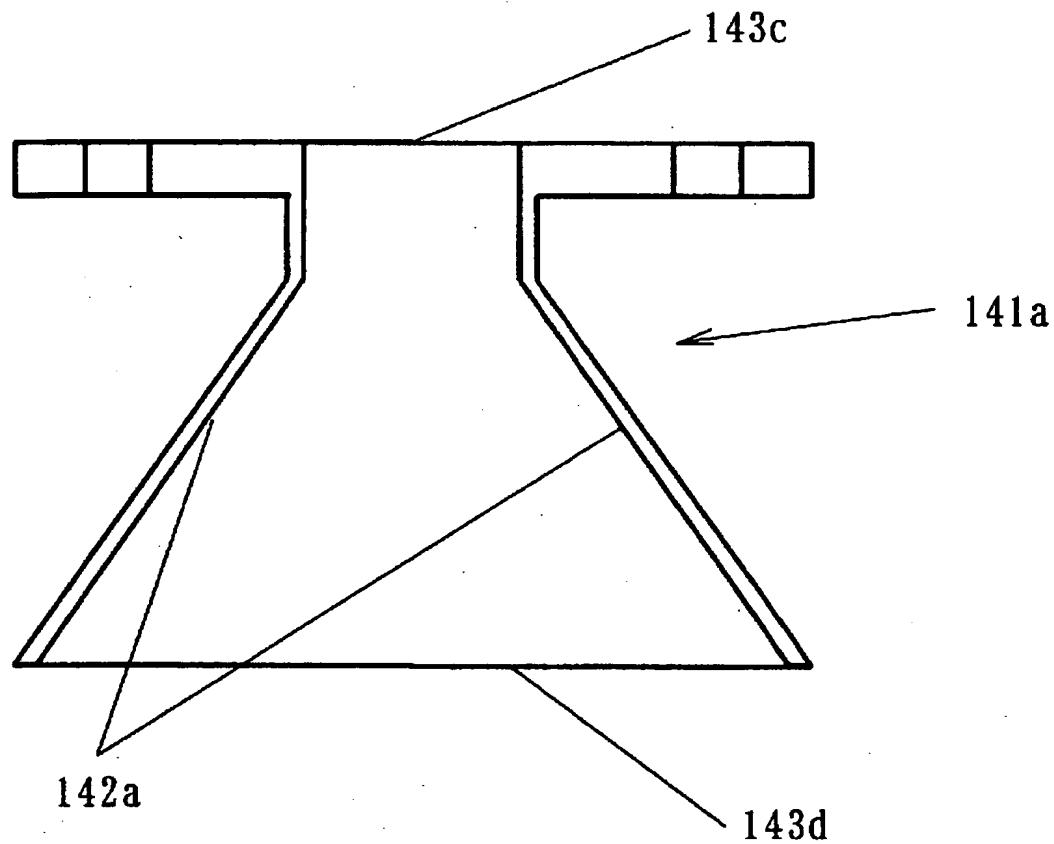
【図6】



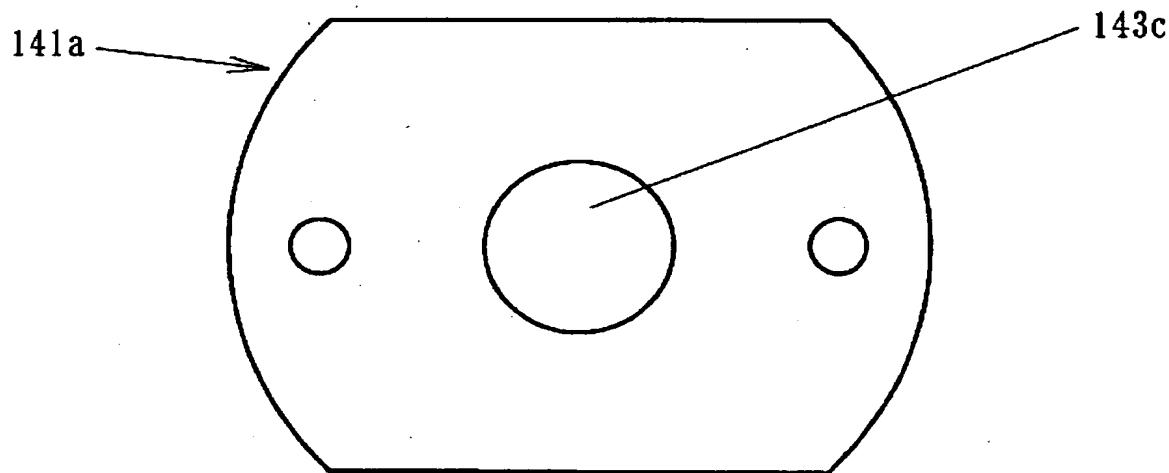
【図7】



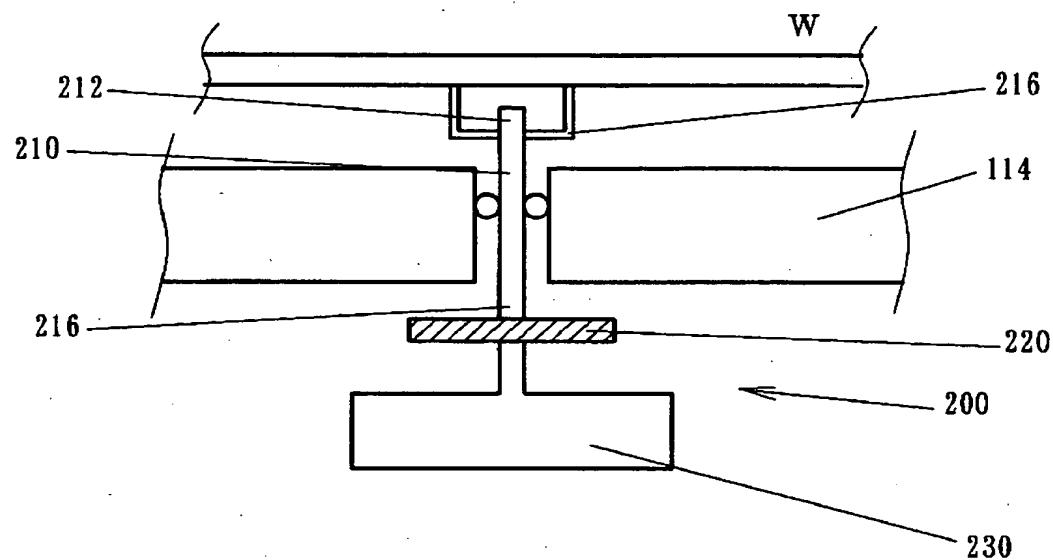
【図8】



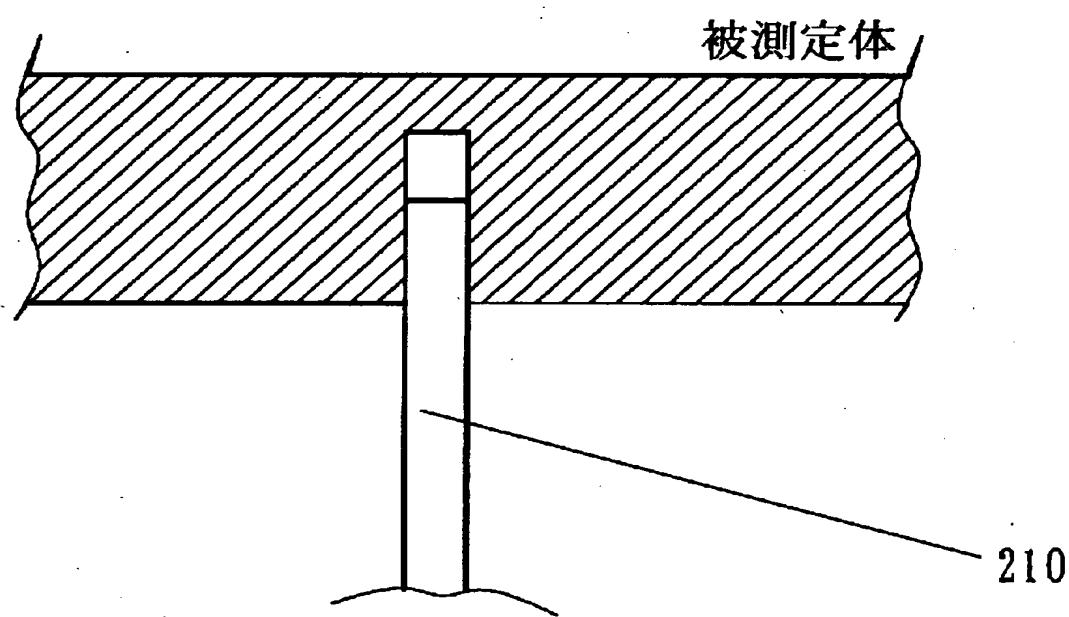
【図9】



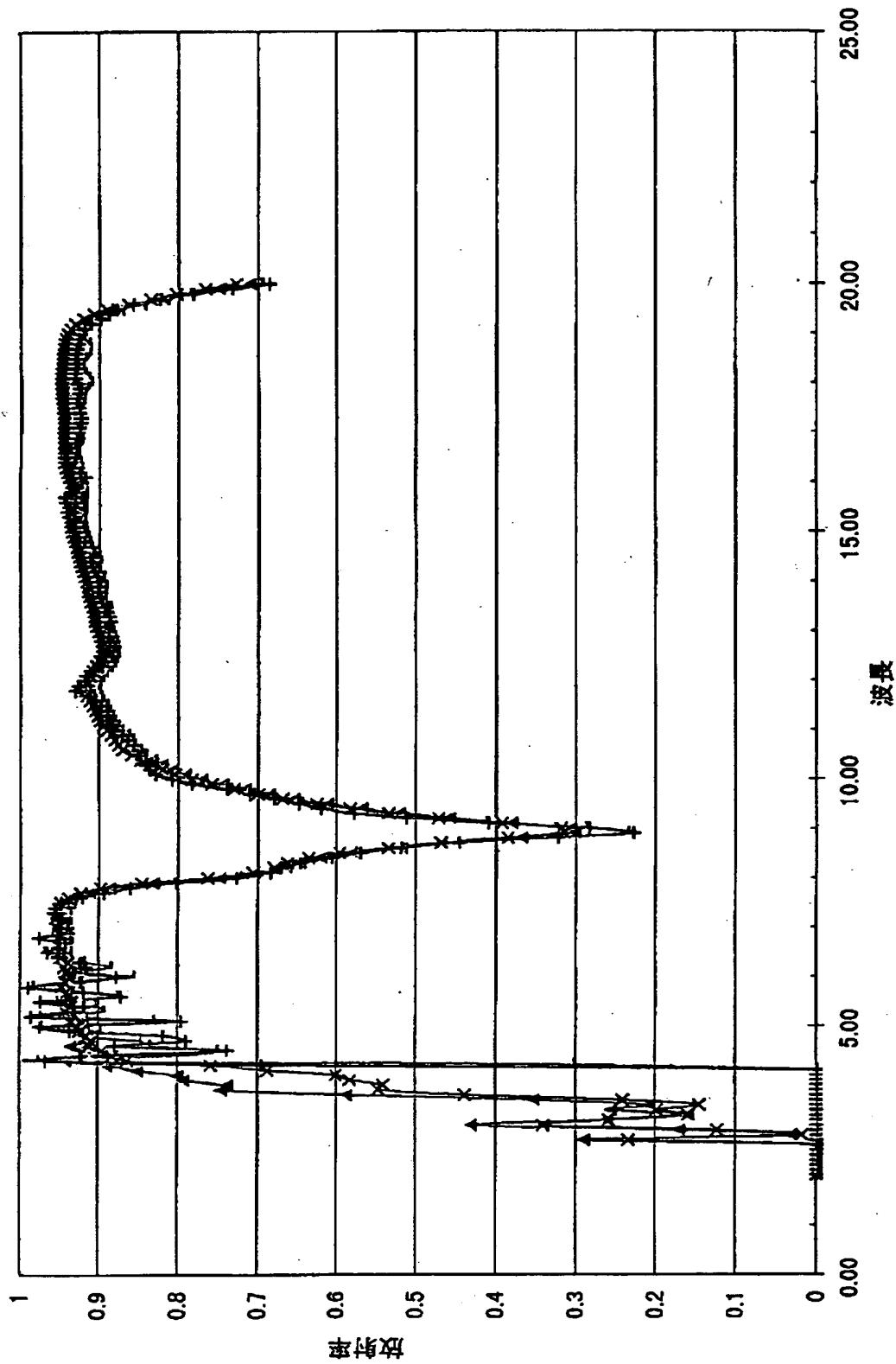
【図10】



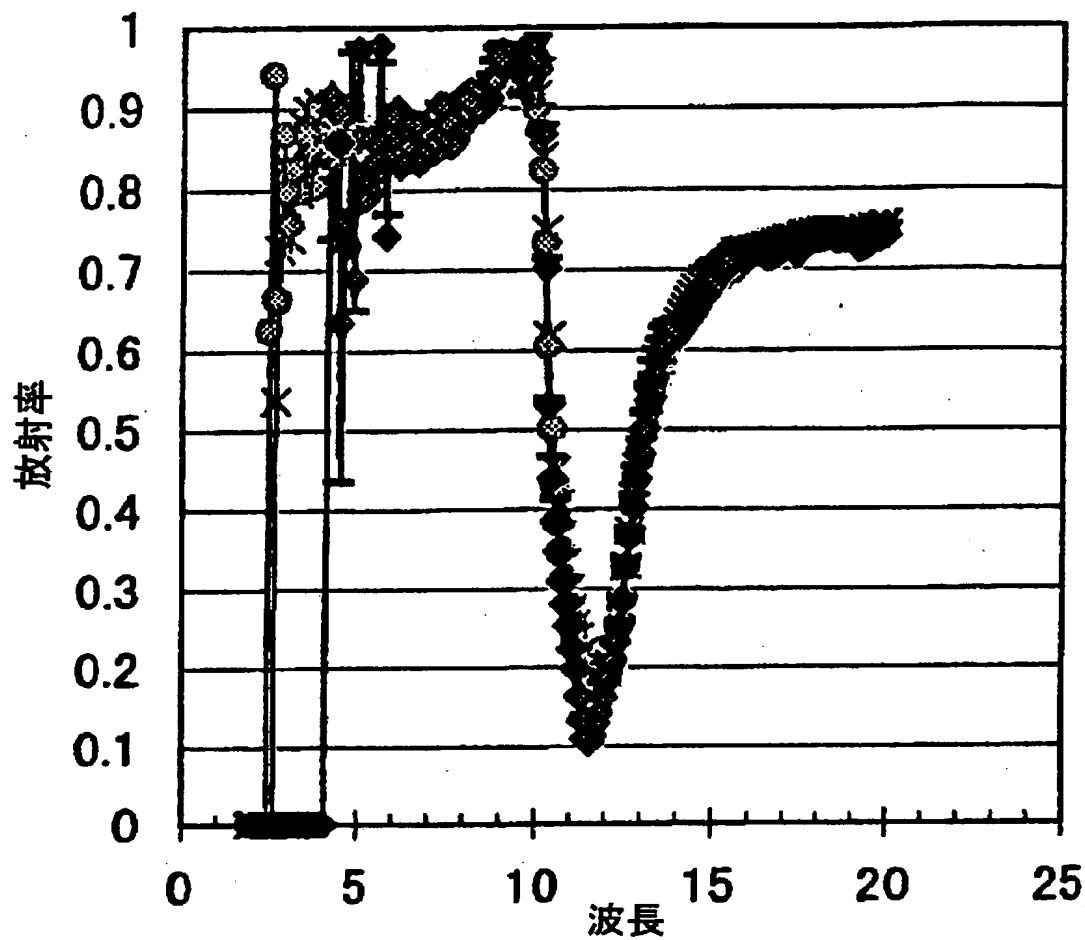
【図11】



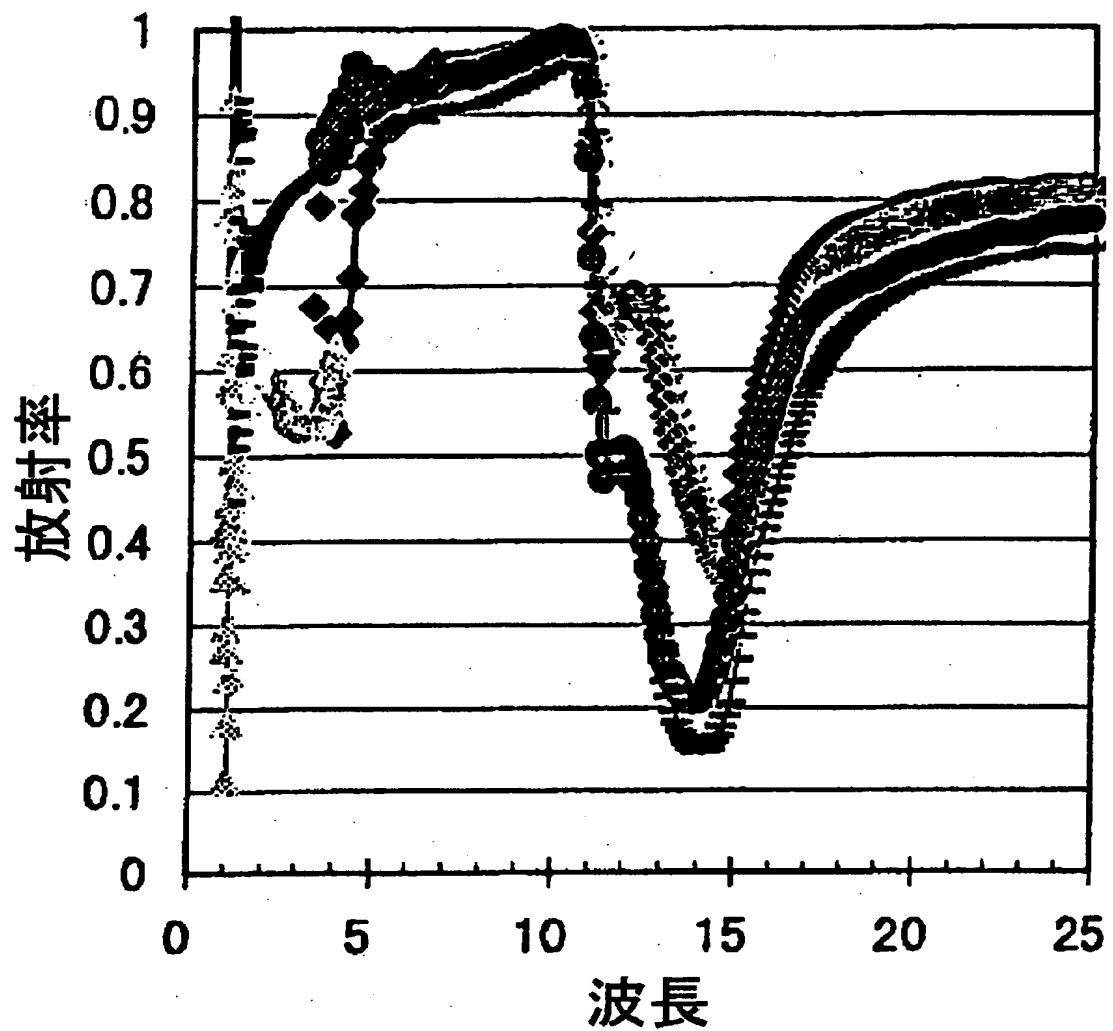
【図12】



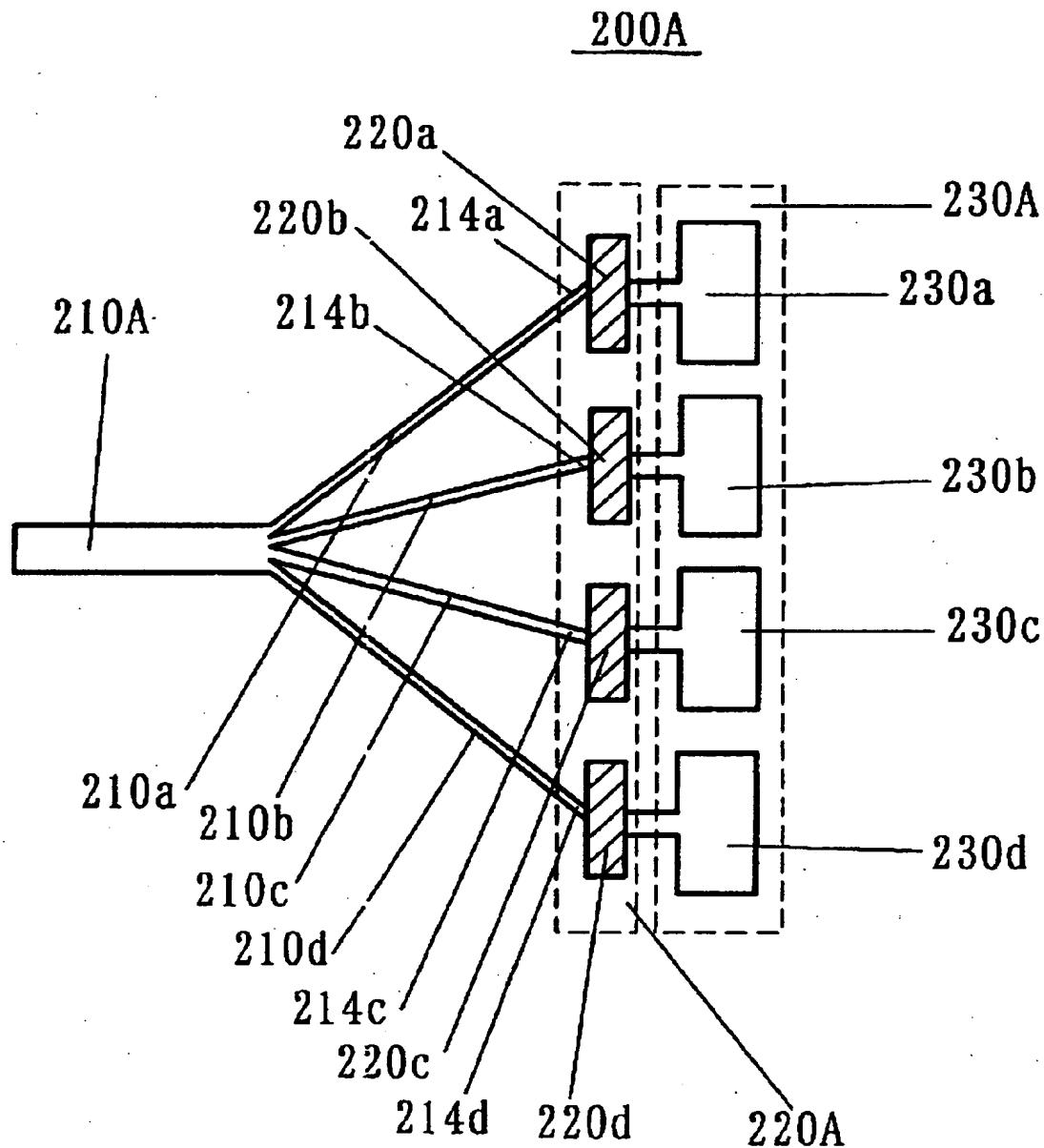
【図13】



【図14】



【図15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、被処理体の急速昇温を可能にすると共に経済性に優れたランプ、ランプを用いた熱処理装置を提供する。

【解決手段】 本発明の一側面としてのランプは、被処理体に所定の熱処理を施すために発光する発光部と、前記発光部から射出される光を前記被処理体に反射するリフレクタとを有するランプであって、前記発光部及び前記リフレクタは前記ランプを支持及び冷却するランプ保持部に着脱可能に取り付けられる。

【選択図】 図3

出願人履歴情報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日 1994年 9月 5日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区赤坂5丁目3番6号

氏 名 東京エレクトロン株式会社